

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE BACHILLERATO EN
LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**DESARROLLAR E IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE
MEDICIÓN AUTOMÁTICO PARA EL MONITOREO DEL
VOLTAJE Y CORRIENTE DE UN ENSAMBLE FINAL EN EL
ÁREA DE 'POWERS SUPPLY' DE TERADYNE COSTA RICA**

Sustentante:

Alexandra Díaz Barboza

Tutor:

Sergio Bermúdez Porras

Enero, 2025

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
DECLARACIÓN JURADA	xi
CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR	xii
CARTA DE APROBACIÓN DEL LECTOR	xiii
CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL CENT	xiv
CARTA DE APROBACIÓN DE LA EMPRESA	xv
DEDICATORIA	xvi
AGRADECIMIENTO	xvii
ABREVIATURAS	xviii
RESUMEN	xix
CAPÍTULO I	1
PROBLEMA DEL PROYECTO	1
1.1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2

1.1.1	Antecedentes del contexto de la empresa.	2
1.1.2.	Justificación del problema	12
1.2.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	16
1.3.	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.3.1.	Objetivo general	20
1.3.2.	Objetivos específicos	20
1.4.	ALCANCES Y LIMITACIONES	22
1.4.1.	Alcances	22
1.4.2.	Limitaciones	24
CAPÍTULO II		16
MARCO TEÓRICO		16
2.	TEORÍAS REFERENTES A LA TEMÁTICA A DESARROLLAR	17
2.1.	Hardware	17
2.1.1.	Fuentes de alimentación	18
2.1.2.	Fuente AC (AC Source)	22
2.1.3.	Sistema multifuncional de conmutación/medición (DMM)	24
2.1.4.	Carga electrónica (e-load)	26
2.2.	Software	28
2.2.1.	Visual Studio (C Sharp)	28
2.2.2.	Bibliotecas/librerías	31
2.2.3.	Controladores o drivers	33

2.2.4.	Clases	37
2.2.5.	Funciones	38
CAPÍTULO III		40
MARCO METODOLÓGICO		40
3.1.	DEFINICIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	41
3.1.1.	Tipo de investigación	41
3.1.2.	Enfoque de la investigación	43
3.2.	FUENTES DE INFORMACIÓN	45
3.2.1	Fuentes primarias	45
3.2.2	Fuentes secundarias	46
3.2.3	Sujetos de información	46
3.3.	TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS	48
3.3.1.	La observación	48
3.3.2.	El cuestionario	50
3.3.3.	La entrevista	50
3.4.	VARIABLES DEL PROYECTO	52
3.5.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	56
CAPÍTULO IV		59
DIAGNÓSTICO		59

4.1.	DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	60
4.2.	RECOLECCIÓN DE DATOS	64
4.3.	DETERMINACIÓN DE BRECHAS	71
4.4.	PROPUESTA DE PROYECTO	72
	CAPÍTULO V	74
	DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO	74
5.1.	ASPECTOS DE DISEÑO	75
5.2.	PROTOTIPO	77
5.2.1.	Acercamiento con el problema	77
5.2.2.	Hardware	82
5.2.3.	Software	85
5.3.	DEPURACIÓN DE ERRORES Y RESULTADOS	88
5.4.	IMPLEMENTACIÓN	95
5.4.1.	Hardware final	95
5.4.2.	Conexión al sistema	97
5.4.3.	Interfaz gráfica de usuario	100
5.4.3.1.	Botón ‘Begin’	104
5.4.3.2.	Botón ‘Cancel’	107
5.4.3.3.	Botón ‘Reset’	108

5.4.3.4. Botón 'Guide' _____	109
5.4.4. Resultados y registro de datos _____	117
5.5. ANÁLISIS COSTOS _____	123
5.6. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO _____	128
5.6.1. Manual de usuario _____	128
5.6.2. Manual técnico _____	131
CAPÍTULO VI _____	133
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES _____	133
6.1. CONCLUSIONES _____	134
6.2. RECOMENDACIONES _____	137
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA _____	138
GLOSARIO _____	144
ANEXOS _____	146
A. CUESTIONARIO APLICADO A LOS USUARIOS _____	146
B. ENTREVISTA APLICADA AL INGENIERO _____	152

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Probador de Diodos	3
Figura 2	Sistema J259	4
Figura 3	Estructuración de Teradyne	7
Figura 4	Sistema Ultra Flex Plus	8
Figura 5	Edificio de Teradyne Costa Rica	11
Figura 6	Proceso de Reparación Teradyne	13
Figura 7	Inconformidad de cliente vía correo electrónico	14
Figura 8	Ejemplo de una fuente de alimentación	16
Figura 9	Diagrama de flujo general del proceso de reparación	17
Figura 10	Diagrama Ishikawa para el área de ‘power supplies’	18
Figura 11	Mapa conceptual del sistema	17
Figura 12	Diagrama de bloques de una fuente lineal	19
Figura 13	Diagrama de bloques de una fuente conmutada	20
Figura 14	Fuente de alimentación de PBT, Teradyne	21
Figura 15	Fuente AC Chroma	22
Figura 16	Sistema multifuncional de medición Keysight	25
Figura 17	Carga electrónica Keysight	27
Figura 18	Ciclo del desarrollo de un proyecto en Visual Studio	29
Figura 19	Directivas de bibliotecas genéricas en C#	32
Figura 20	Diagrama de un controlador	33
Figura 21	Forma de construcción de una función	39

Figura 22	Proceso de reparación de las fuentes de alimentación	60
Figura 23	Pruebas de iniciales de la fuente de alimentación	62
Figura 24	Requisitos de un sistema automático de pruebas	69
Figura 25	Diseño de la propuesta de proyecto	72
Figura 26	Diagrama de flujo de la propuesta a ejecutar	73
Figura 27	Mapeo de canales general para PN: 617-578-22	78
Figura 28	Mapeo de canales para prueba de PV (PN: 617-578-22)	79
Figura 29	Mapeo de canales para prueba de Burn-in (PN: 617-578-22)	80
Figura 30	Mapeo de canales para prueba de Sense (PN: 617-578-22)	81
Figura 31	Propuesta del sistema en construcción	83
Figura 32	Manga de cables con ambas terminales	84
Figura 33	Características del conector según hoja de datos	85
Figura 34	Diagrama de flujo para crear una prueba	86
Figura 35	Función para obtención de datos en el prototipo	87
Figura 36	Conjunto de cables a elaborar por número de parte	90
Figura 37	Escritura en un mismo archivo existente	92
Figura 38	Datos no tabulados en los archivos de resultados	93
Figura 39	Cable final para la prueba de sense	96
Figura 40	Cable final para un grupo de la prueba de PV	96
Figura 41	Conexión para las pruebas de Sense	99
Figura 42	Conexión para las pruebas de PV	99
Figura 43	Conexión para las pruebas de PV	100
Figura 44	Forma inicial del programa	102
Figura 45	Mensaje de información al iniciar el programa	102

Figura 46	Forma principal del programa	103
Figura 47	Código del botón Begin	105
Figura 48	Código del botón Cancel	108
Figura 49	Código del botón Reset	108
Figura 50	Forma guía del programa	109
Figura 51	Código para actualizar ‘pictureboxes’	111
Figura 52	Constitución del programa principal	112
Figura 53	Mensaje de información al iniciar la prueba	116
Figura 54	Uso real de GUI para la prueba de ‘Sense’	118
Figura 55	Uso real de GUI para la prueba de ‘Burn-in’	119
Figura 56	Uso real de GUI para la prueba de ‘PV’	120
Figura 57	Archivo de texto de la prueba ‘Burn-in’	121
Figura 58	Archivo de cálculo de la prueba ‘Burn-in’	122
Figura 59	Ejemplo del manual de usuario	130
Figura 60	Ejemplo del manual técnico	132

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Característica de la fuente AC Chroma serie 61600	23
Tabla 2	Características de la carga electrónica	27
Tabla 3	Símbolos de notación de forma Backus-Naur	36
Tabla 4	Elementos de un comando	36
Tabla 5	Parámetros para definición de clases.	38
Tabla 6	Descripción de parámetros para realizar una observación	49
Tabla 7	Variables de la investigación	53
Tabla 8	Diseño de la investigación	57
Tabla 9	Situación actual vs propuesta de mejora	71
Tabla 10	Definición general de entradas y salidas del sistema	75
Tabla 11	Descripción de Windows Forms utilizadas en la GUI	101
Tabla 12	Secciones del programa principal por color	103
Tabla 13	Construcción de las clases de prueba	114
Tabla 14	Mensajes de información de la GUI	116
Tabla 15	Análisis de viabilidad operativa	124
Tabla 16	Análisis de viabilidad técnica	124
Tabla 17	Costo de materiales requeridos	125
Tabla 18	Análisis de viabilidad financiera	126
Tabla 19	Análisis de costo - beneficio	127

DECLARACIÓN JURADA

Yo Alexandra María Díaz Barboza, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 1-1561-0176 egresado de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente aperecido 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 Bachillerato, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: DESARROLLAR E IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE MEDICIÓN AUTOMÁTICO PARA EL MONITOREO DEL VOLTAJE Y CORRIENTE DE UN ENSAMBLE FINAL EN EL ÁREA DE 'POWERS SUPPLY' DE TERADYNE COSTA RICA, 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 3 días del mes de enero del año dos mil veinticinco.



Firma del estudiante

Cédula: 1-1561-0176

CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR

CARTA DEL TUTOR

San José, 06 de enero de 2024

Señores:

Universidad Hispanoamericana
Sede Llorente
Carrera Ingeniería en Electrónica

La estudiante Alexandra Díaz Barboza, cédula de identidad número 1-1561-0176, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **“DESARROLLAR E IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE MEDICIÓN AUTOMÁTICO PARA EL MONITOREO DEL VOLTAJE Y CORRIENTE DE UN ENSAMBLE FINAL EN EL ÁREA DE ‘POWERS SUPPLY’ DE TERADYNE COSTA RICA”**. Lo anterior para obtener *optar por el Grado Académico de Bachillerato en Ingeniería en 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%	20%
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	30%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	20 %
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20%
	TOTAL		100%

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

Nombre: Sergio Bermúdez Porras



Cédula de identidad N: 109170708

CARTA DE APROBACIÓN DEL LECTOR



CARTA DEL LECTOR

San José, 21 de enero del 2025

Señores
Departamento de Registro
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

La estudiante Alexandra Díaz Barboza, cédula de identidad número 1-1561-0176, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación titulado *"DESARROLLAR E IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE MEDICIÓN AUTOMÁTICO PARA EL MONITOREO DEL VOLTAJE Y CORRIENTE DE UN ENSAMBLE FINAL EN EL ÁREA DE 'POWERS SUPPLY' DE TERADYNE COSTA RICA"*, el cual ha elaborado para obtener su grado de Bachillerato.

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

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

Atentamente,

JORGE
VILLALOBOS
CASCANTE (FIRMA)

Firmado digitalmente por
JORGE VILLALOBOS CASCANTE
(FIRMA)
Fecha: 2025.01.21 15:51:07
-06'00'

Ing. Jorge Villalobos Cascante, MSc.
Cédula de identidad: 1-1185-0467
Carné colegio profesional: IEL-22656

CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL CENIT

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION**

San José, 29 de enero 2025

Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Alexandra Díaz Barboza con número de identificación 115610176 autor (a) del trabajo de graduación titulado "DESARROLLAR E IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE MEDICIÓN AUTOMÁTICO PARA EL MONITOREO DEL VOLTAJE Y CORRIENTE DE UN ENSAMBLE FINAL EN EL ÁREA DE 'POWERS SUPPLY' DE TERADYNE COSTA RICA" presentado y aprobado en el año 2025 como requisito para optar por el título de Bachillerato en Ingeniería Electrónica; Si autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,


1-1561-0176
Firma y Documento de Identidad

CARTA DE APROBACIÓN DE LA EMPRESA



RE: Carta de Aceptación Proyecto Final de Graduación

Universidad Hispanoamericana
Coordinación de Proyectos de Graduación

A quien corresponda,

Por medio de la presente, certifico que la estudiante Alexandra Diaz Barboza, cédula 115610176, carné AJ16010672, realizó su Trabajo Final de Graduación en la empresa Teradyne de Costa Rica. Este trabajo, titulado **“Desarrollar e Implementar un Sistema de Medición Automático para el Monitoreo del Voltaje y Corriente de un Ensamble Final en el Área de ‘Power Supply’ de Teradyne Costa Rica”**, fue presentado para optar al grado de Bachillerato en Ingeniería en Electrónica.

Asimismo, hago constar que el proyecto en cuestión cumplió con todos los requisitos y objetivos planteados, incluyendo, pero no limitándose a, las pruebas solicitadas por Teradyne de Costa Rica bajo escenarios reales de producción. Estas pruebas confirmaron que tanto el software (SW) como el hardware (HW) desarrollados cumplían con la función propuesta. Además, la estudiante entregó la documentación requerida por el Departamento de Ingeniería de Teradyne de Costa Rica, la cual consistió en un manual de usuario y un manual técnico detallando el desarrollo del SW y HW involucrados en el proyecto. Dichos documentos cumplen con todos los requerimientos solicitados por Teradyne de Costa Rica y deben mantenerse confidenciales según los reglamentos internos de la empresa.

La empresa Teradyne de Costa Rica agradece el trabajo realizado y el profesionalismo demostrado por la estudiante Alexandra Diaz a lo largo del desarrollo del proyecto en nuestras instalaciones. Especialmente valoramos la contribución que este proyecto traerá para brindar un mejor servicio a los clientes de Teradyne Inc., aportando robustez al proceso de pruebas de las fuentes de alimentación (*Power Supplies*, en inglés).

Sin más por el momento, se despide,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Dennis X. Arroba', is written over a horizontal line.

MSc. Ing. Dennis X. Arroba, PMP®
GCS Engineering – Project Management Technical Manager
Email: dennis.arroba@teradyne.com
Tel: 6210-1768

DEDICATORIA

El desarrollo de este trabajo está completamente dedicado a las personas más importantes de mi vida; a mi esposo quien día a día me mostró su apoyo con amor y comprensión; que era posible recorrer este proceso para obtener nuestro bachillerato juntos y que a pesar de todas las dificultades que hemos experimentado, estaremos Dios mediante, completándolo juntos.

A mi hijo Zaid, quien ha sido un fuerte motor para mejorar y continuar; quien a su corta edad ha dedicado tiempo para comprender que mamá y papá debían posponer su tiempo de juego para completar la U. Te amamos infinitamente hijo.

A mis padres y suegros quienes también ha recorrido este proceso con nosotros y quienes estoy más que segura se sienten muy orgullosos. A mis hermanos quienes de una forma u otra siempre han estado ahí para mí.

Y de manera muy especial, dedico este proyecto a dos grandes referentes de mi desarrollo como Ingeniera Electrónica, siempre los llevo con cariño en mi corazón. Al profesor Alejandro Contreras Hernández y al profesor Víctor Arguedas Arce quienes en paz descansen.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por concederme el don de la vida y todas las capacidades para aprender y desarrollarme día con día; a mi familia por su apoyo incondicional y a mi hijo por comprender que debíamos sacrificar nuestro tiempo juntos.

Seguidamente, agradecer a los líderes, ingenieros y técnicos de Teradyne que estuvieron siempre involucrados, tanto en el desarrollo de este proyecto como en mi desarrollo profesional durante el estudio de la carrera; brindando sus experiencias y apoyo.

Finalmente, agradecer al profesor Sergio Bermúdez Porras, por su paciencia, consejos y correcciones durante el progreso del documento.

ABREVIATURAS

CA/AC: Corriente Alterna.

CD/CC: Corriente Directa.

Pwr/PSU: Power Supply Unit – Fuente de Alimentación.

ATE: Automated testing equipment.

CSO: Customer Service Operation.

PBT: Production Board Test (división de Teradyne CR dentro de la operación de CSO).

DOA: Death on arrival.

WARR: Warranty – tarjeta bajo periodo de garantía.

API: Interfaz de Programación de Aplicaciones.

DUT: Device Under Test (unidad bajo prueba).

PV: Performance Verification – Pruebas de verificación.

DMM: Digital Multimeter – Multímetro Digital.

RESUMEN

Teradyne Costa Rica es una empresa de electrónica especializada en ofrecer sistemas de pruebas (testers) personalizados, que cumplen con los más altos estándares de calidad, según las necesidades específicas de sus clientes. Además de sus servicios de pruebas, la empresa se dedica al desarrollo de hardware y software, así como al ensamblaje, calibración, diagnóstico y reparación de las tarjetas electrónicas que produce. Uno de los procesos clave dentro de sus operaciones es la reparación de fuentes de alimentación, las cuales son fundamentales para el funcionamiento de los sistemas electrónicos al proporcionar la energía necesaria para su operación.

El proceso de reparación de las fuentes de alimentación se realiza en diversos pasos: primeramente, el técnico realiza una inspección visual y pruebas iniciales para determinar el estado de la fuente y localizar los posibles módulos defectuosos. Luego, se desensambla la unidad y se reparan los módulos individualmente, para finalmente ensamblar la fuente de alimentación y se realizan las pruebas finales que aseguren que la reparación fue exitosa.

En este proceso, se identificaron dos principales problemas: el primero que la medición de voltaje se debía realizar, según procedimientos, de forma manual con un multímetro y anotar los valores en una hoja de cálculo de Excel, lo generaba errores humanos. Y segundo que durante la prueba de "burn-in", no existía ninguna forma que registrase ni monitoreara continuamente el comportamiento de la fuente.

Ante estas situaciones, el objetivo principal del proyecto fue desarrollar un sistema automatizado que se encargara de la medición de voltaje de forma precisa y continua, sin

intervención humana para lograr un registro de datos confiable. Este sistema también debía ser capaz de monitorear la prueba de "burn-in" de forma automática, alertando a los responsables en caso de detectar algún problema y, de ser necesario, apagando la fuente para evitar daños.

El desarrollo del sistema fue dividido en dos grandes etapas: hardware y software. En la primera etapa, se diseñó una interfaz física que conectará de manera sencilla la fuente de alimentación, con el multímetro, las cargas electrónicas y la computadora para simplificarle la operación al técnico y por ende reduciendo el riesgo de errores. La segunda etapa consistió en el desarrollo del software, que incluye una interfaz gráfica de usuario (GUI) amigable e intuitiva que permite el control, monitoreo y registro en tiempo real los valores de cada salida de la fuente de alimentación.

Finalmente se concluye el proyecto de manera exitosa, donde se logra la implementación y puesta en marcha del sistema con la demostración teórica y práctica de este al personal técnico e ingenieril. También se realiza la entrega de dos manuales de usuario estilo procedimientos, con la guía paso a paso de cómo usar el sistema y cómo, a largo plazo, utilizar el código para brindar manteniendo, mejoras o una expansión de la interfaz gráfica.

Por lo tanto, se recomienda no limitar la capacidad del sistema, sino ampliar las aplicaciones para incluir a futuro otros números de parte de fuentes de alimentación.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DEL PROYECTO

1.1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

1.1.1 Antecedentes del contexto de la empresa.

Teradyne, Inc. es una empresa estadounidense con sede principal en North Reading, Boston; es fundada en el año 1960 por dos amigos, los ingenieros Nicholas DeWolf y Alexander V. d'Arbeloff, quienes decidieron emprender con una empresa tecnológica que brindara soluciones al mundo de los semiconductores. Fue con ese ideal, así como lo refiere el sitio web 'company-histories', que utilizando el prefijo 'Tera' (10^{12}) junto con la unidad de la fuerza 'dyne' nombran a su compañía Teradyne, Inc. (Company-Histories.com, 2022).

Teradyne se coloca en el mercado gracias a la invención en 1961 de un probador de diodos al que sus creadores denominaron 'go/no-go diode tester', el cual es mostrado en la Figura 1. Este sistema fue un fuerte referente ya que, era revolucionario para su época, debido a que la industria de los semiconductores apenas se encontraba en su infancia.

Con este dispositivo, se realizaban las verificaciones para comprobar la funcionalidad de los diodos en los laboratorios, a una velocidad extraordinaria y de una manera muy sencilla, con una lógica de decisiones y límites que ni siquiera requería la intervención del operador (en cuanto a la orientación del componente se refería), ya que era capaz de invertir la polaridad (Veen, 2001).

Su primer gran cliente, Raytheon, aun después de más de 20 años mantuvo en funcionamiento este sistema, en donde fue solicitando modificaciones que le permitieran

realizar pruebas de más diodos a la vez, y en donde finalmente se concluyó con la ejecución de 3600 unidades juntas.

Figura 1
Probador de Diodos



Fuente: (Castro, 2024)

No obstante, ambos fundadores no estaban dispuestos solamente a cumplir con las demandas del cliente, sino y como lo narra la historia, se comprometieron en entender como el cliente hacia lo que hacía y como operaba a fin de anticipar sus pasos y ofrecerles la mejor solución a sus problemas; entonces pasaron de probar diodos a resistencias, transistores, circuitos integrados sencillos y diodos Zener.

En 1966 Teradyne introduce al mercado un nuevo producto; DeWolf desarrolla un sistema donde mediante la automatización del equipo de pruebas (ATE), incluye una minicomputadora que ejecute las pruebas mientras se le aplica los parámetros y limites en

el sistema como resultado de que los dispositivos eran cada vez más complejos de diagnosticar y verificar la correcta funcionalidad por su tamaño reducido.

El sistema J259, el cual puede ser visualizado en la Figura 2 y como es mencionado en el libro ‘Teradyne the First Forty Years’, es el primer equipo completamente controlado por una computadora para la prueba de los circuitos integrados; este sistema le da un gran auge a Teradyne en el mercado posicionándolo como líder en la industria de los semiconductores (The chip history center, 2021).

Figura 2
Sistema J259



Fuente: (The chip history center, 2021)

Sin embargo, en la década de 1970 se presentaron las primeras regresiones a la industria de los semiconductores con afectaciones directas en las ordenes de los clientes de Teradyne, donde la compañía experimentó altibajos considerables que lo empujaron a tomar constantes decisiones sobre su negocio y su personal. El sitio web ‘company-histories’

define que los principales cambios fueron en la diversificación de la empresa en diferentes grupos de productos que generaron cuatro nuevas áreas de trabajo: la división de manufactura de conectores, la operación de envoltura de cableado, la división de pruebas de los circuitos digitales integrados y la sección de ventas. Además de la incursión en el mundo de las telecomunicaciones con el desarrollo de un sistema de telefonía llamado 4Tel. (Company-Histories.com, 2022).

Estas nuevas fuentes de invención, los mantuvieron en el negocio durante muchos de los años 70 pero dejaron de lado la expansión de sistemas ATE que los llevo a perder el mercado contra una empresa japonesa; como consecuencia los llevo a invertir fuertemente en crear un programa de innovación y a bajo costo, para competir en un mercado que tenían asegurado, era de ellos. Y es en el año 1982 que llega la nueva generación de sistemas que prueban sistemas integrados a una mayor escala, ganando un voto de confianza de su siguiente gran cliente: Intel.

El desarrollo de sistemas continuó y Teradyne logró posicionarse en diferentes áreas tecnológicas, pero continuaba con la presión de tener competencia, como resultado se vio envuelto en un cambio constante para lograr la adaptabilidad de sus productos a las nuevas condiciones que se fueran presentando, por lo que su mercado logró incluir sistemas de señales mixtas, sistemas analógicos y sistemas de memorias.

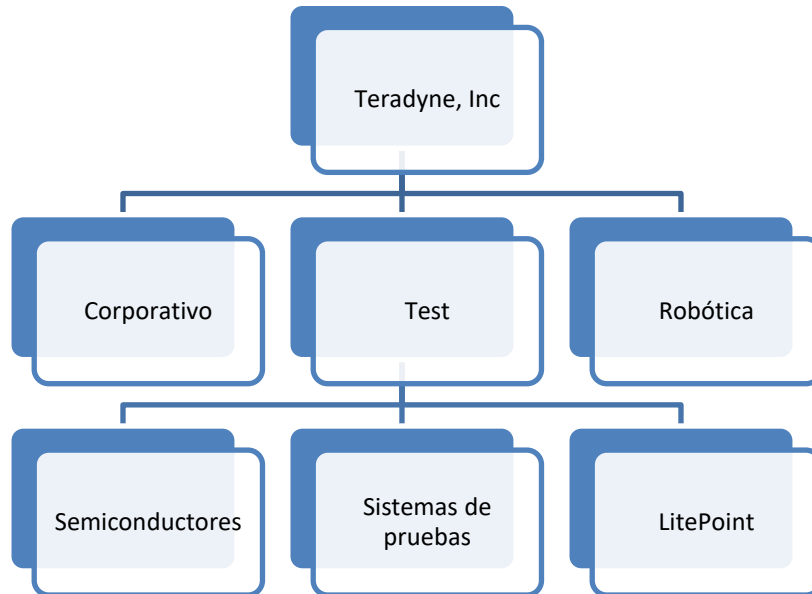
Los altibajos en Teradyne continuaron hasta más o menos el año 1993 debido a muchas depresiones y desplome de las ventas en el campo militar (campo más fuerte en ventas), sin embargo, fueron épocas que los fortalecieron, ya que, en ese año, reportaron una

reestructuración económica con muy buenos resultados recuperando mercado y manteniéndose como líderes en la prueba de semiconductores.

Todas esas transformaciones lo guiaron a la empresa multimillonaria, líder de mercado e innovadora que es hoy en día; abarcando los siguientes sectores de mercado: el militar, sistemas de prueba de señales mixtas digitales, sistemas de pruebas de memorias, sistemas analógicos y de precisión de potencia, sistemas de producción de tarjetas, robótica, sistemas de almacenamiento, sistemas señales inalámbricas, sistemas de pruebas de nivel (Teradyne Inc, 1994-2024).

Las divisiones mencionadas, apenas son una pincelada de todo lo que conforma el equipo de desarrollo, dentro de cada una de ellas hay muchas más divisiones enfocadas en lograr y alcanzar los objetivos corporativos. De los más altos rangos y como se estructura la empresa, en la Figura 3 se puede encontrar el esquema organizacional en alto nivel.

Figura 3
Estructuración de Teradyne



Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

Finalmente se puede definir y resumir en una sola palabra que ofrece Teradyne al mercado: un tester; ya que todo lo que se crea y desarrolla está orientado a ayudar a las organizaciones a entregar sus productos de la más alta calidad y llevarlos al mercado rápidamente ya sea en el desarrollo de tareas manuales repetitivas y pruebas electrónicas.

En la Figura 4 , se puede observar el nuevo sistema que se encuentra en el mercado, llamado Ultra Flex Plus; con el cual el cliente puede personalizar su uso para tener diferentes configuraciones y probar diferentes tecnologías según la aplicación de circuitos integrados que estén desarrollando.

Figura 4
Sistema Ultra Flex Plus



Fuente: (Teradyne Inc, 1994-2024)

La automatización de tareas es mediante el uso de robótica donde su objetivo principal es ofrecer una respuesta más rápida a las responsabilidades o tareas propuestas para alcanzar un ahorro en tiempo, costos y personal. La segunda sección, la cual es la de pruebas electrónicas, son el equipo de pruebas automatizados (ATE) que acelera el tiempo de comercialización de nuevos productos electrónicos, en mercados donde la confiabilidad y el rendimiento son críticos.

Y es en este contexto que Teradyne define su misión en ser el líder proveedor de sistemas de prueba y soluciones industriales, así como lo denota el sitio web 'dcf': "esta declaración de la misión refleja el compromiso de Teradyne con la innovación, la satisfacción del cliente y la responsabilidad corporativa", además se alinea con la definición de la visión y se cita: "Teradyne se compromete a liderar la industria a través de la innovación, lograr una

satisfacción incomparable al cliente, entregar productos de alta calidad, practicar la responsabilidad ambiental y capacitar a sus empleados” (dcf.fm, 2023).

A lo que se puede concluir y corroborar en su página web, que esta compañía se propone como objetivo contribuir a un mejor desarrollo de la calidad de vida de las personas; brindando soluciones alternativas de cómo el mundo funciona e innova; siempre de la mano de sus clientes, para que tanto Teradyne, como sus aliados otorguen al mercado productos de calidad que cumplan con los requisitos indispensables para la operación.

Teradyne es considerada como una compañía regida en los valores de puertas abiertas, honestidad e integridad y el norte central en que cliente cuenta con ellos (Teradyne Inc, 1994-2024). Una empresa de puertas abiertas que valora las discusiones transparentes entre los empleados. La innovación fomenta el empoderamiento de los colaboradores, permitiéndoles expresar sus ideas libremente y sin temor.

Honestidad e Integridad: posee una estrategia corporativa de ser transparente con sus negocios y con los empleados; es decir la información está disponible para quien lo requiera a fin de llevar a cabo la mejor solución de problemas orientado en la excelente toma de decisiones.

Cliente cuenta con nosotros: mantener el compromiso y confianza de los clientes; asegurando la anticipación de las necesidades, excediendo las expectativas y demostrando una alta capacidad de soluciones y soporte.

Con lo anterior se puede evidenciar el compromiso de Teradyne con sus clientes y como se ha mencionado, con el desarrollo de un mejor lugar para vivir en donde se invertirá en recursos y esfuerzos necesarios para que las pruebas y la automatización sean de la

tecnología más avanzadas; ya que dependen de ellos para asegurar que los productos de los clientes funcionen tal como fueron diseñados.

Ahora bien, alineado siempre a esa misión y visión Teradyne, Inc. tiene bases instaladas alrededor del mundo y una de esas instalaciones se encuentra acá, en Costa Rica. Esta planta de producción inicia en el año 2000 solamente para la reparación y diagnóstico de los sistemas electrónicos como una empresa anexa a la Estados Unidos; ya que la zona horaria ofrecía una gran ventaja para la comunicación bilateral entre los diferentes puntos de operación, que podía ser desde América a Europa e incluso Asia.

Esta ventaja, junto con el potencial humano del país y la calidad de profesionales, permitieron que en el 2022 se expandieran las operaciones con la creación de su propio edificio en la zona franca El Coyol, la cual se muestra en la Figura 5 y que alberga a más de 400 empleados. Esta ampliación en operaciones le cambia el nombre en Costa Rica de Teradyne a Teradyne, SRL.; donde ya no solo se repara y diagnostican tarjetas electrónicas, sino que también se encuentran las áreas de desarrollo de aplicaciones de hardware, desarrollo de software, la sección de ensamble de nuevos productos, de sistemas completos como se pudieron observar en la Figura 4; procesos certificados para realizar calibraciones requeridas por los clientes cada periodo de tiempo a sus instrumentos y por supuesto también cuentan con áreas de ventas y servicio al cliente para el área de semiconductores como el robótico.

Figura 5
Edificio de Teradyne Costa Rica



Fuente: (Teradyne Inc, 1994-2024)

Esta ampliación en Costa Rica, así como la adquisición de tantas áreas en la planta del país, permiten un gran auge tecnológico al desarrollo del país, y es en este mismo edificio que se llevara a cabo el proyecto de graduación en la división de semiconductores que ofrece el servicio al cliente; llamado CSO.

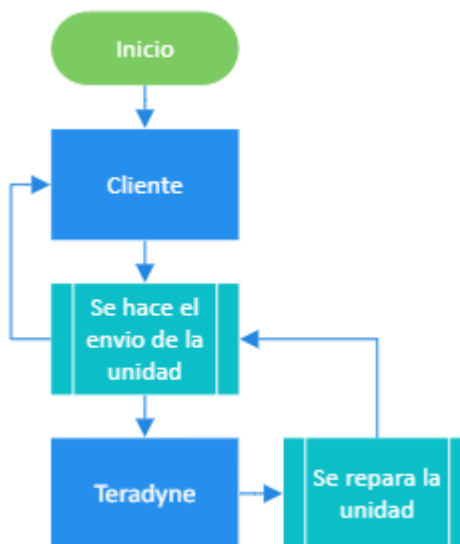
1.1.2. Justificación del problema

El siguiente apartado, fundamenta el desarrollo de un sistema automático que monitoree y registre los valores de una fuente de alimentación en reparación dentro de Teradyne Costa Rica; ya que la ‘Enciclopedia del Lenguaje’ define la justificación de un proyecto como el análisis en un texto académico que expone las razones por las que se realizará el mismo (Giani, 2024) y serán los siguientes párrafos, quienes se encarguen de brindar validez al proyecto.

En este contexto, el proyecto pretende resolver un problema exhibido dentro de la división de Teradyne llamada CSO (Customer Service Operation), quien es la encargada de brindar el servicio de reparación, soporte y mantenimiento de sistemas, tarjetas electrónicas y/o productos que los clientes han adquirido de Teradyne sin importar el sector de mercado, es decir: el militar, el de producción, el comercial, entre otros.

No obstante, antes de presentar el problema; en la Figura 6 se hace referencia al proceso que se realiza en la división para cumplir con la tarea mencionada y se puede visualizar el inicio del proceso con la unidad defectuosa del cliente, seguidamente Teradyne la recibe para su diagnóstico y reparación, para finalmente retornarlo al cliente con la certificación de que el producto es funcional y que paso todas las pruebas desarrolladas y ejecutadas en los centros de Teradyne.

Figura 6
Proceso de Reparación Teradyne



Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

Ahora bien, es en términos de esa certificación que Teradyne afirma la calidad de su proceso mediante la norma ISO 9001; la cual es el estándar internacional utilizado para implementar sistemas de gestión de calidad (Ionos Inc., 2023) y que establece todo el marco referente con los pasos a seguir para lograr la satisfacción del cliente y el cumplimiento de sus requisitos.

Sin embargo, a pesar de estar alineados a los diferentes estándares, se identifican deficiencias en los procesos y es donde el sistema de calidad también hace parte dentro de la organización y estipula las formas de abordar tanto escalaciones de los clientes como las acciones asociadas a buscar la solución y mejora de los procesos.

En base a esa línea y las acciones que deben ser implementadas es que se desarrolla este proyecto; tomado bajo la perspectiva de una decisión de la organización, en este caso CSO

para la mejora de un proceso como consecuencia de quejas recurrentes de los clientes y fallos en el producto entregado.

En la Figura 7 y con la aprobación respectiva de la empresa, se presenta un correo que fundamenta lo descrito anteriormente. Esta es una escalación ya que un cliente realiza un reclamo de que recibió una fuente de alimentación con las salidas invertidas, es decir la salida de 6V no se encontraba en el conector como debía. Estas líneas no solo establecen y limitan el área de trabajo, la cual es el área de fuentes de alimentación, sino que también permite definir las posibles causas del problema.

Figura 7

Inconformidad de cliente vía correo electrónico

Hi guys,

Please find attached the damage report ffrom one of my partners who was onsite at Puls in Czech Republic, after we delivered a SystemPS who blew 2 Teradyne testers due to wrong wiring (6V swapped with 3V).

Please advice who is going to swallow the cost?

In addition to that we have 2 new DOA's, one System-PS (should have been the replacement of the initial defective one) and a pinboard.

Not to say, that the PS and Pinboard is not available and my customer is not amused, at all.

Fuente: Correo electrónico Teradyne

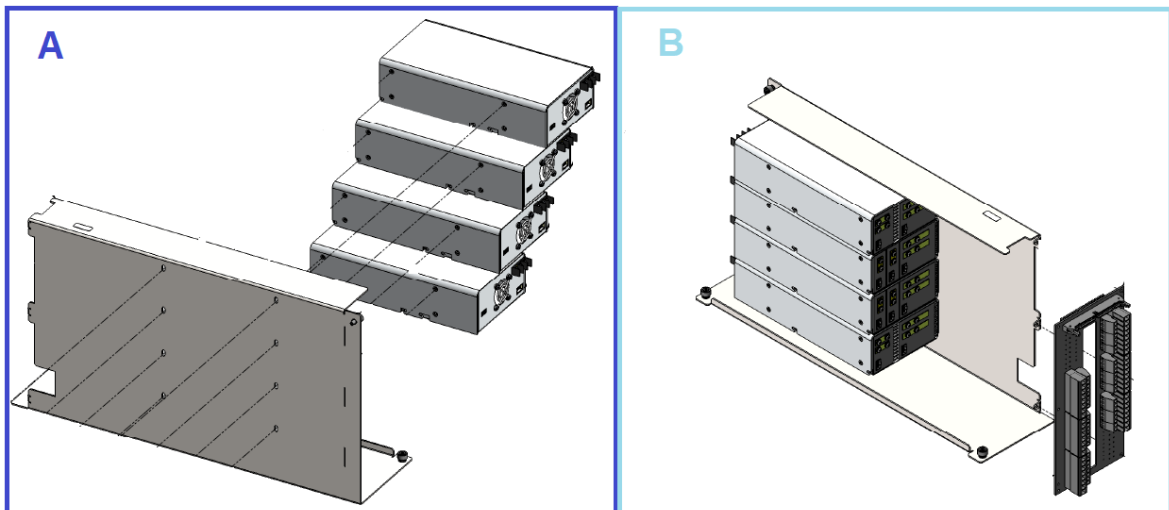
Y, sin adentrarse en la descripción del problema, el cual será detallado en la siguiente sección; se concreta el objetivo del proyecto en implementar un sistema automático que monitoree y controle los parámetros de las fuentes de alimentación en prueba con el fin minimizar el error humano en la medición y que además genere de manera puntual e inmediata un registro de las mediciones como última verificación y ejecución de pruebas cuando la fuente este completamente ensamblada antes de ser enviada al cliente.

Este sistema favorecerá significativamente a la eficiencia del proceso de reparación y la satisfacción del cliente, alineándose con los objetivos corporativos de Teradyne, respondiendo a las quejas recibidas; evitando afectaciones directas en la producción del cliente como serian fallos latentes en el sistema o en sus tarjetas electrónicas y en disminución de costos asociados para ambas partes.

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la planta de producción de Teradyne Costa Rica, el área de ‘power supply’ es la encargada de diagnosticar y reparar las fuentes de alimentación de los clientes; las mismas operan desde 3.3V en 1.5A hasta 24V en 300A dependiendo de la configuración modular que requiera el sistema. Esta configuración interna es mostrada en la Figura 8 como un claro ejemplo de la construcción de una fuente en cuatro módulos (sección A), y además se puede observar como el ensamble de esos módulos se comunica con el exterior mediante un gran panel que contine los conectores de salidas (sección B).

Figura 8
Ejemplo de una fuente de alimentación



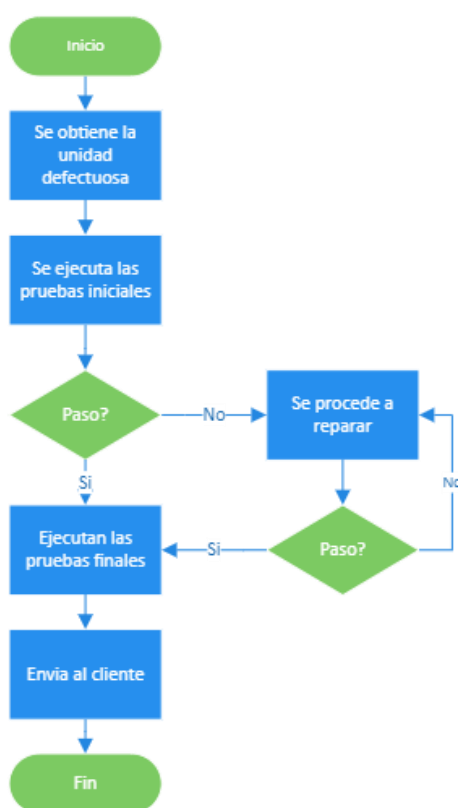
Fuente: Documento de ensamble - Teradyne

En la actualidad, el proceso de reparación de las unidades defectuosas se lleva a cabo de manera completamente manual, lo que expone un margen para posibles errores. Considerando facilitar una mejor comprensión del problema y detectar áreas de mejora, la

Figura 9 presenta un diagrama general que ilustra el flujo del proceso de reparación de las fuentes de alimentación, desde que el técnico recibe la unidad hasta que el producto es enviado de vuelta al cliente. Un aspecto clave de este flujo es que la fuente de alimentación se somete a pruebas hasta que se confirma la causa raíz del fallo y se asegure que esta es funcional.

Figura 9

Diagrama de flujo general del proceso de reparación

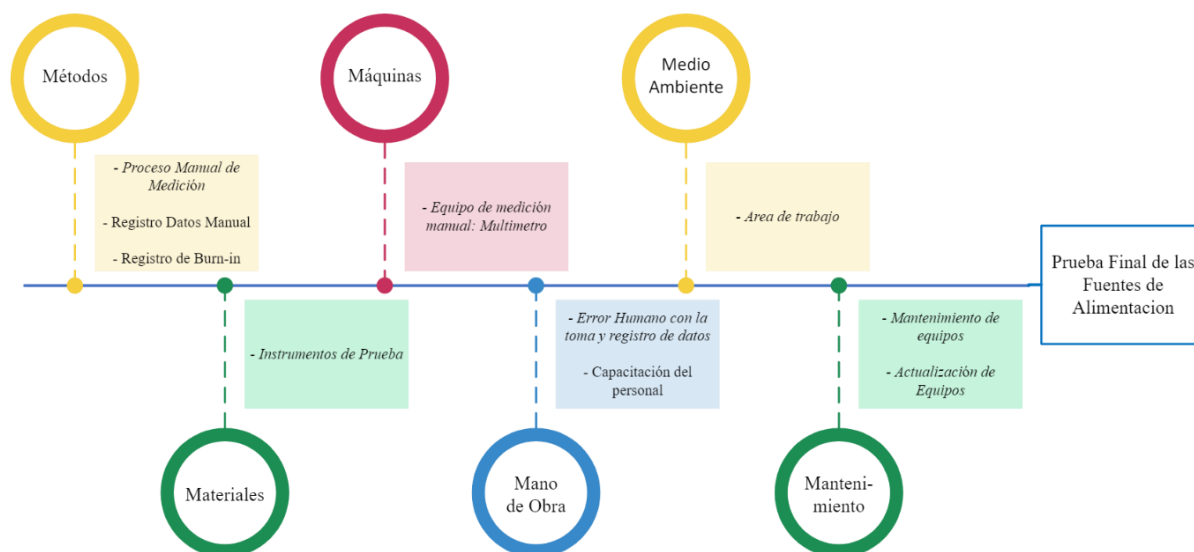


Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

Para abordar el proceso y encontrar esas deficiencias, se añade el análisis de este en un esquema de causa-raíz con un diagrama de Ishikawa, esta es la herramienta seleccionada para relacionar las causas y los efectos de lo que se encuentra mal en los sistemas, procesos y productos (SafetyCulture, 2024). Este diagrama se encuentra en la Figura 10, y muestra

los componentes y causas identificadas con la clasificación de las 6M y la lluvia de ideas que fundamentan el problema a trabajar.

Figura 10
Diagrama Ishikawa para el área de 'power supplies'



Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

Como resultado de la lluvia de ideas sobre el problema, se realiza el siguiente análisis que detalla los principales factores y categorías como las causas para la implementación de una solución efectiva:

- Métodos:** Existe una fuerte dependencia en que la medición de las fuentes de alimentación y el registro de los datos se realice de manera manual, lo cual puede no asegurar la veracidad de los datos.

Además, hay ausencia de registro en la prueba de burn-in, y ausencia de generación de alertas y notificaciones a los interesados que impide identificar el momento

exacto y la ubicación de otra posible falla aumentando además el riesgo de daño en el sistema o al equipo.

b. Mano de Obra: Se realiza la identificación de errores debido al error humano en cuanto a la habilidad del técnico durante la toma de mediciones y el registro de estos, la cual es una variabilidad que depende de la experiencia y la formación que ha recibido el personal.

c. Material: Las herramientas utilizadas actualmente son equipos no calibrados.

Y es en la misma línea de mejora continua, que la empresa desea abordar esas deficiencias en el proceso por medio de la implementación de un sistema que elimine completamente los riesgos asociados y garantice que las salidas de cada punto de conexión cumplan con los valores esperados.

Para ello; se plantea desarrollar un sistema de verificación del ensamblaje final para que, al colocar la unidad en prueba, se realice la medición y registro de valores de manera automática y se continúe el monitoreo y registro durante un tiempo prolongado, con la capacidad de alertar en caso de fallos a los interesados. No solo con el afán de mejorar un proceso en la precisión y veracidad de este, sino que también en la aplicación de los conocimientos técnicos para crear soluciones efectivas como proyecto de graduación en la carrera de electrónica.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar e implementar un sistema de medición automático que monitoree el voltaje y la corriente del ensamble final de una fuente de alimentación en el área de ‘Power Supply’ de Teradyne mediante la utilización de tecnologías disponibles y recursos internos con el fin de prevenir daños, asegurar la calidad del producto enviado al cliente y mejorar la eficiencia del proceso de producción mediante la generación de alertas automáticas ante desviaciones significativas para el segundo semestre del 2024.

1.3.2. Objetivos específicos

1.3.2.1. Determinar la necesidad de la empresa de tener un control automático del funcionamiento de las fuentes de alimentación, mediante la recolección de información para optimizar el rendimiento y asegurar la fiabilidad operativa.

1.3.2.2. Definir la arquitectura y mapeo de canales del sistema de medición automático para los seis números de parte, basándose en los procedimientos de la empresa, para especificar los componentes necesarios y su interconexión.

- 1.3.2.3. Seleccionar el hardware que comunicara la fuente de alimentación y el sistema, evaluando diferentes opciones, para asegurar una integración eficiente y confiable.
- 1.3.2.4. Evaluar los algoritmos en la interfaz de usuario para medir cada salida de voltaje, realizando pruebas practicas con datos reales para mejorar la precisión, tiempo de respuesta y compatibilidad con el hardware, con el fin de garantizar una operación precisa y fácil para el usuario.
- 1.3.2.5. Desarrollar un programa que integre un sistema de almacenamiento seguro de datos mediante una base de datos centralizada y un sistema de alertas automáticas, realizando pruebas para asegurar su correcto funcionamiento, con el fin de garantizar el acceso a los datos y permitir una respuesta rápida de los interesados.
- 1.3.2.6. Capacitar al personal técnico e ingenieril en el uso y gestión del sistema de medición automático, mediante la demostración en el ambiente real para asegurar un entendimiento completo del sistema.
- 1.3.2.7. Registrar la documentación para el uso del programa, con la creación detallada de dos guías (un manual de usuario y un manual técnico), para que la información sea accesible y útil tanto para técnicos como para ingenieros.

1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES

1.4.1. Alcances

El proyecto que se propone como solución de la problemática mencionada anteriormente, busca el desarrollo de un sistema que monitoree y registre los valores de una fuente de alimentación antes de ser enviada a cliente para asegurar la calidad de este; el mismo será implementado en etapas que se resumen en los siguientes entregables:

1.4.1.1. Recolección de información: esta etapa inicial abarca desde mayo 2024 hasta junio 2024 donde se programarán las reuniones con los ingenieros responsables del proyecto para definir y recolectar la información base sobre la cual se trabajará la problemática.

1.4.1.2. Hardware: esta etapa es esencial ya que es la primera vista con el problema y con el desarrollo de lo puede ser la solución física. En ella se debe definir la arquitectura de trabajo y los requisitos funcionales del sistema, para realizar las compras de componentes necesarios.

1.4.1.3. Hardware: esta etapa cubre todo el desarrollo y ensamblaje de todas las partes físicas necesarias para realizar la conexión entre la unidad bajo prueba y el sistema.

1.4.1.4. Software: en esta fase, se pretende utilizar los requisitos recolectados para desarrollar las rutinas y recetas que conformaran el programa principal de medición automático. Aquí se definirá el programa a ejecutar y las formas.

1.4.1.5. Integración y pruebas: seguidamente se realizará la integración el sistema de medición automático con la infraestructura existente de Teradyne y se harán pruebas exhaustivas de funcionamiento, precisión y fiabilidad del sistema.

1.4.1.6. Registro de Datos: esta fase desarrollara la implementación del sistema de registro en tiempo real en donde se defina la forma de almacenar los datos para que los mismos sean accesibles en todo momento para las partes interesadas.

Sistema de Alertas: esta etapa ejecutara el sistema de alertas que va a notificar al usuario cuando se presente una inconsistencia en el proceso mientras se está ejecutando el programa en la unidad bajo prueba.

Además, para esta etapa, se está comprobando la funcionalidad y desempeño de todo el sistema integrado.

1.4.1.7. Capacitación: este alcance busca capacitar al personal técnico y al ingeniero encargado del área en el uso del sistema de medición automático para que con continúen con su mantenimiento y mejoras futuras.

1.4.1.8. Documentación: Teradyne solicita que dentro del desarrollo se debe de elaborar un manual de usuario detallado que incluya instrucciones de operación y mantenimiento, así como la guía comentada de todo el desarrollo del programa.

1.4.2. Limitaciones

La solución del proyecto pretende atender las necesidades del área de producción de Teradyne, sin embargo, se pueden presentar los siguientes desafíos:

1.4.2.1. Tiempo de implementación: Completar con los plazos establecidos por la empresa para la implementación total del sistema podría verse comprometido por problemas técnicos imprevistos o por la necesidad de ajustes adicionales durante las fases de prueba y validación.

Entiéndase esta limitación, como referente al tiempo en completar las fases generado por prioridades de la compañía en cuanto a disponibilidad del sistema, los productos, el personal técnico hasta el tiempo de desarrollo que podría verse comprometido por efectos de trabajo o retrasos en las entregas de componentes. En este caso se deberá ajustar el plazo de los entregables y dichos referentes los controlará el 'Project Manager' encargado del proyecto con quien se realizarán reuniones mensuales para verificar el avance del proyecto.

- 1.4.2.2. Controles existentes de la unidad bajo prueba y los sistemas: La integración del nuevo sistema de medición automático junto con la infraestructura y sistemas de control existentes podría presentar desafíos técnicos y requerir modificaciones adicionales en el desarrollo del proyecto, esto referente a la comunicación de los equipos, el funcionamiento entre ellos hasta la calibración externa que requieran.
- 1.4.2.3. Costos y presupuesto: La implementación de todo un sistema nuevo podría llegar a exceder el presupuesto propuesto inicialmente debido a requerimientos adicionales no anticipados o a la necesidad de componentes que no se encuentren fácilmente.
- 1.4.2.4. Seguridad de datos: Preservar la protección y seguridad de los datos recolectados por el sistema automático de medición es crucial, principalmente debido a la sensibilidad de la información relacionada con el producto, la producción y la empresa. Esta podría ser una limitante al momento de realizar una propuesta de manejo de los datos y almacenamiento de estos.
- 1.4.2.5. Aceptación del usuario final: Obtener la aceptación del sistema por parte de los usuarios finales dentro de la organización puede requerir esfuerzos adicionales de comunicación y gestión del cambio.

CAPÍTULO II

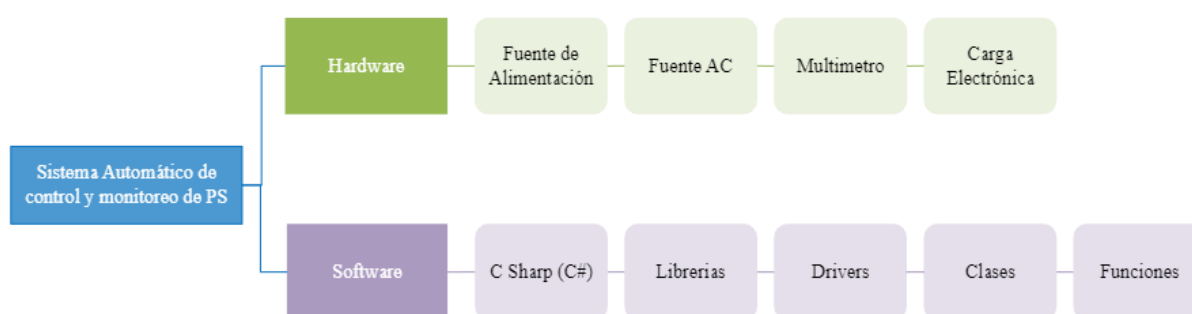
MARCO TEÓRICO

2. TEORÍAS REFERENTES A LA TEMÁTICA A DESARROLLAR

En el presente capítulo se detallan los conceptos esenciales para lograr una mejor comprensión y delimitación de los componentes que construyen el sistema de control y monitoreo de una fuente de alimentación en las pruebas finales de Teradyne, como resultado del problema presentado anteriormente. Con el fin de orientar y organizar los mismos para mantener la línea de la construcción del proyecto; la Figura 11 presenta un mapa conceptual sobre la temática que va a hacer abordada.

Figura 11

Mapa conceptual del sistema



Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

2.1. Hardware

Respecto al integración el hardware del sistema; se abordarán los conceptos sobre las fuentes de alimentación: cómo funcionan, sus características principales y la topología que las constituye. Seguidamente se detallarán los aspectos relacionados directamente con los

instrumentos contenidos en el sistema; los cuales no solo se encargarán del funcionamiento de todo el diseño, sino que son los responsables de lograr esa interconexión entre la parte física y la programada para finalmente obtener los resultados.

2.1.1. Fuentes de alimentación

Se define el concepto general de qué es una fuente de alimentación, en vista de que el proyecto se fundamenta en controlar y medir este tipo de instrumento, además que conocer los tipos y algunas de sus funciones brindarán un mayor panorama de cómo debe abordarse el problema que la empresa expone.

Una ‘Power Supply’ como mayormente es conocida, refiere sus siglas en inglés a “PSU” y se traduce al español como una fuente de alimentación o de poder. El ingeniero de aplicaciones Edgar Castellou de la empresa AcMax las define como “un aparato electrónico que se encarga de transformar un tipo de energía en otra” (Castellou, 2020); mientras que la editorial Etecé por su parte brinda la siguiente descripción es “el dispositivo que se encarga de transformar la corriente alterna de la línea eléctrica comercial, en corriente continua; suministrando diferentes voltajes requeridos por los componentes” (Equipo editorial, Etecé, 2023).

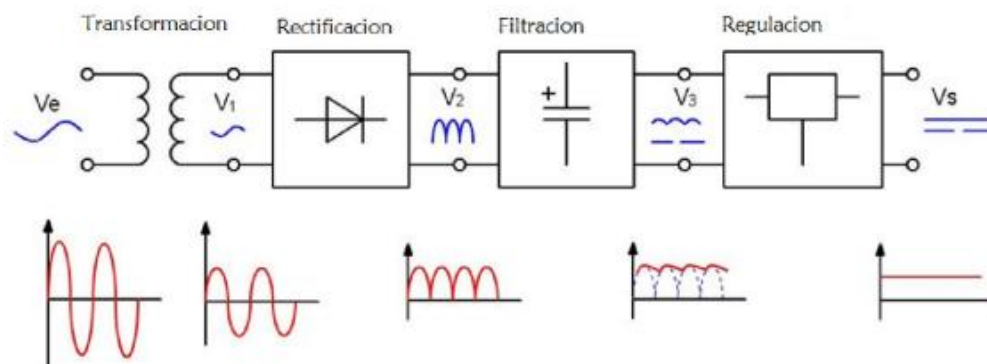
Ambas definiciones contextualizan la función principal de este tipo de dispositivo, la cual es la de convertir un tipo de energía en otro para suministrarla de manera constante a los equipos o instrumentos que se conecten directamente a ella, asegurando no sobrepasar las tres características esenciales para asegurar la eficiencia de operación de la fuente; las

cuales son: el voltaje, la corriente y la potencia; ya que cada unidad puesta en el mercado está fabricada para brindar un rango máximo de estos tres parámetros.

Como consecuencia de lo descrito, se define su construcción en dos grandes tipos: las fuentes lineales y las fuentes conmutadas. Las fuentes lineales son definidas en la página web ‘Electricity-Magnetism’ como “dispositivos electrónicos que emplean un transformador para reducir la tensión de entrada a un nivel más bajo, necesario para los circuitos internos” (electricity-magnetism, 2023); es decir es la forma más básica y sencilla de una fuente de alimentación la cual solamente toma un valor de entrada y lo transforma en otro. La editorial Etecé menciona además los otros componentes que las componen: rectificador (conversión de voltaje alterno a onda completa), filtro (conversión de onda completa a continua) y regulación (mantenimiento del voltaje de salida ante variaciones en la carga) (Equipo editorial, Etecé, 2023) y se incorpora en la Figura 12 la descripción gráfica de la misma.

Figura 12

Diagrama de bloques de una fuente lineal

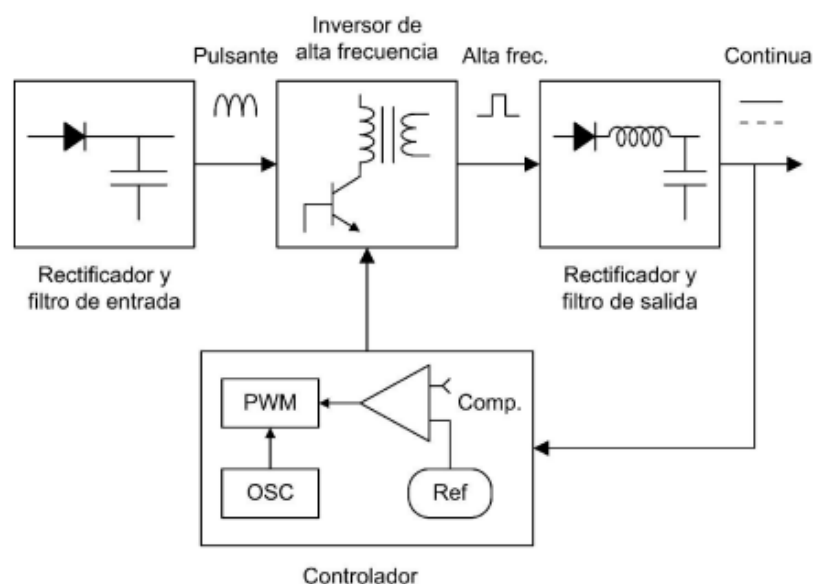


Fuente: (Abascal, 2014)

Por su parte, las fuentes conmutadas son definidas como aquellas que utilizan transistores de conmutación para convertir la corriente alterna en corriente continua (electricity-magnetism, 2023); estas fuentes son más complejas como se observa en la Figura 13, pero a su vez muestran versatilidad debido que ellas entregan la cantidad de corriente y voltaje según lo que le exija en su operación.

Figura 13

Diagrama de bloques de una fuente conmutada



Fuente: (Abascal, 2014)

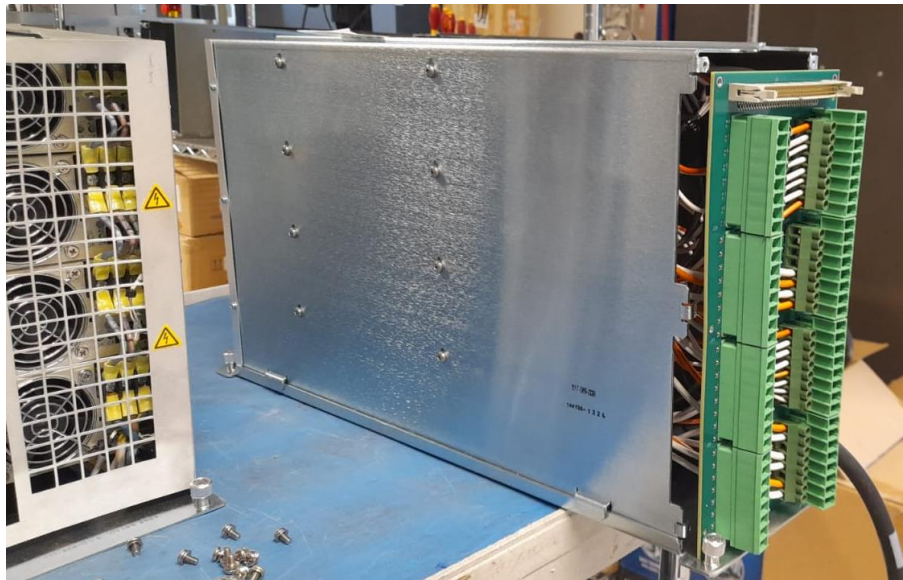
Lo primordial de las fuentes de alimentación radica en que todo dispositivo o componente electrónico requiere un voltaje de operación específico para funcionar; normalmente se conceptualiza una fuente de alimentación de manera similar a la de una computadora, o como la que suministra energía a un teléfono celular, o incluso la que alimenta un componente simple en una placa electrónica. Sin embargo, desde el punto de vista de lo que hace Teradyne, una fuente de alimentación representa el primer eslabón en la cadena que permite el funcionamiento de sus complejos sistemas y equipos. Este elemento es crucial,

ya que asegura que todos los dispositivos reciban la energía necesaria de manera estable y controlada, lo que permite la correcta operación de sus sistemas electrónicos.

En la Figura 14 se hace referencia una de las ‘power supplies’ que serán trabajadas con la aplicación de este proyecto. Para este caso en particular la fuente es energizada con 120V y por su concepción modular tiene rangos de voltaje de salida desde -24V hasta 24V en cada pin del conector verde.

Figura 14

Fuente de alimentación de PBT, Teradyne



Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

A continuación, se desarrollará los conceptos teóricos relacionados con los instrumentos que formarán parte del sistema. Este desarrollo incluirá una descripción detallada de las características, funciones y aplicaciones de cada instrumento, así como integración en el sistema en general.

2.1.2. Fuente AC (AC Source)

Este instrumento es de vital importancia definirlo, debido a que es mediante la conexión a este que se energiza el DUT para ser probada. Es el segundo tema por desarrollar teóricamente, por tener una relación directa a la función de una fuente de alimentación.

El señor Jesús Gómez, de la empresa ISOTEST establece que es un dispositivo que a partir de la tensión de red es capaz de proporcionar una señal alterna, pero, de tensión variable y, habitualmente, de frecuencia variable (Gómez, 2024), y la página web del fabricante del instrumento a utilizar, mostrado en la Figura 15, define que la fuente de poder de CA de la serie 61600 son programables con diversos rangos de voltaje, corriente y potencia para simular la línea de alimentación al producto, ellas pueden ser con salida monofásica o trifásica para aplicaciones como validación, investigación, sector educativo y pruebas automatizadas, con niveles de potencia que van desde 500VA hasta 60 kVA (Chroma Systems Solutions, 2018).

Figura 15
Fuente AC Chroma



Fuente: (Chroma Systems Solutions, 2018)

A nivel del proyecto, es de vital importancia conocer y poseer este tipo de instrumento que permite la personalización de sus parámetros según la aplicación del usuario, para ampliar el rango de operación a otras unidades con diferentes rangos de operación. Además, al ser un equipo programable posee dentro de su hoja de datos los comandos para establecer la comunicación y control por software. Se añade en la Tabla 1, las características de la serie Chroma 61600, que detallan por qué las convierten en una excelente opción, ya que poseen un gran nivel de precisión a bajo costo sin importar las aplicaciones para las que este configurada.

Tabla 1

Característica de la fuente AC Chroma serie 61600

Parámetro	Descripción
Potencia	4000 VA
Rango de Voltaje	0-150V/0-300V/Automático
Frecuencia	15Hz – 1000Hz
Factor de Potencia	Incorporada, superior a 0.98 (a plena carga)
Impedancia	Baja impedancia de salida para pruebas en base a la norma IEC 61000-3-2
Mediciones	Voltaje, Corriente RMS, corriente pico, corriente de arranque, Potencia, Q, S, Factor de potencia, etc.
Interfaz programable	Comunicación RS232/GPIB.
Protecciones	Sobre potencia, sobre corriente, sobre voltaje y sobre temperatura.

Fuente: (Chroma Systems Solutions, 2018)

2.1.3. Sistema multifuncional de conmutación/medición (DMM)

El sistema de control y monitoreo a construir debe incluir un instrumento responsable de realizar la medición o lectura de voltaje del DUT; esta tarea será ejecutada por un multímetro digital, más conocido como DMM. La página web ‘Ariat Technology’ establece un DMM como un dispositivo utilizado para medir valores eléctricos como voltaje, corriente y resistencia. La operación central de un DMM implica la conversión de señales eléctricas analógicas en datos digitales, que se logra a través de un proceso conocido como conversión analógica a digital (ADC). Esta conversión; está en demanda porque permite que el DMM muestre mediciones precisas que se pueden leer e interpretar fácilmente (Ariat Technology, 2024).

Desde la concepción de qué es un DMM, la definición anterior es suficiente para comprender que es un instrumento que realizará la medición y se anota en esta sección como consecuencia de que el término será utilizado en todo el desarrollo del proyecto. Sin embargo, el modelo por utilizar, y como indica su nombre es un equipo multifuncional más complejo porque posee módulos de conmutación para configurar aplicaciones más elaboradas.

La hoja de datos de la serie 34980A describe las siguientes funciones para este dispositivo: mediciones DMM, funcionalidad de contador/totalizador, E/S digital con capacidades de patrones, y salidas analógicas con formas de onda básicas (Keysight Technologies, 2014). Esta flexibilidad la ofrece mediante la incorporación de hasta ocho módulos elegibles de entre las opciones que poseen, las cuales son un total de veintiuno contando dentro de ellas

módulos multiplexores de alta densidad para múltiples canales o conectar varios puntos a la vez y son ilustrados en la Figura 16.

Figura 16
Sistema multifuncional de medición Keysight



Fuente: (Keysight Technologies, 2014)

Esta opción del instrumento permite la adaptabilidad para conectarle fácilmente dispositivos externos como otros DMM, osciloscopios, fuentes de alimentación entre otros; con el fin de obtener la medición o el control necesario. También, incluye las bibliotecas y los protocolos de interfaces para comunicarse vía software permitiendo el acceso remoto por medio de Ethernet, USB 2.0 y GPIB.

Cabe mencionar que los módulos externos para esta aplicación son matrices de relés, las que le indican cuál instrumento debe medir en un determinado momento; además, que las configuraciones de estos están determinadas por los procedimientos.

2.1.4. Carga electrónica (e-load)

Seguido, se detallará el último concepto relacionado con el contenido de hardware del sistema, específicamente la definición de carga electrónica. Este concepto es fundamental para comprender, ya que uno de los requisitos por incorporar es la prueba de ‘Burn-in’ la cual debe utilizar este dispositivo para exigir al DUT un voltaje durante un determinado tiempo.

Raza Rabbani, define este dispositivo como un tipo de equipo de prueba destinado a actuar como un sumidero de corriente y una esponja para la energía extraída de una fuente de energía. Normalmente, se utiliza para probar y evaluar fuentes de alimentación DC; y detalla que la carga electrónica evalúa el rendimiento de las fuentes de energía o los bloques de conversión de energía mediante un conjunto de criterios de carga predeterminados (Rabbani, 2022).

En otras palabras, este equipo simulará el sistema del cliente, donde se conectará la fuente de alimentación. A través de un ajuste de corriente, se controlará el voltaje, y el DUT (dispositivo bajo prueba) deberá ser capaz de mantener la salida de cada módulo, siempre y cuando no se supere la corriente máxima de operación, la cual está controlada y limitada por un resistor interno.

El modelo que será usado se ejemplifica en la Figura 17; son Keysight de la serie N3300 [se utilizan los modelos específicos N3306A (600 W/30 V/120 A) de seis canales y N3304A (300 W/ 60 V/ 60 A de cuatro canales)]. Dentro de la hoja de datos, se establece que su construcción es modular, permitiendo canales con tensiones y corrientes únicas e

individuales y la opción de construir el equipo como se requiera (Technologies, 2014).

También, la página web del fabricante establece las características descritas en la

Tabla 2.

Figura 17
Carga electrónica Keysight



Fuente: (Technologies, 2014)

Tabla 2
Características de la carga electrónica

Parámetro	Descripción
Potencia	150 W, 250 W, 300 W, 500 W, 600 W
Rango de Voltaje	0-240 V
Rango de Corriente	0-120 A
Interfaz programable	analógica, RS232 y GPIB
Configuraciones	Individuales y paralelas

Fuente: (Keysight Technologies, 2024)

Rabbani menciona las siguientes aplicaciones para estos equipos: pruebas de convertidores e inversores de potencia, baterías y pilas de combustible, paneles solares, pruebas de baterías, curvas de descargas de la batería, pruebas de rendimiento de cargas CC, voltímetro, fusible y sistemas de alimentación ininterrumpida (Rabbani, 2022).

2.2. Software

En este apartado teórico; se puntualizan los conceptos relacionados con la estructura del programa y los comandos necesarios para construir el control a través de la interfaz gráfica de usuario. Estos elementos son esenciales para el desarrollo de un sistema que permita al usuario interactuar de manera intuitiva con el software, facilitando el acceso y control de las funcionalidades del programa, además de su posible expansión y mantenimiento a largo plazo. La estructura del programa incluirá la organización de sus diferentes módulos, subprogramas y la manera en que se gestionan las interacciones entre estos.

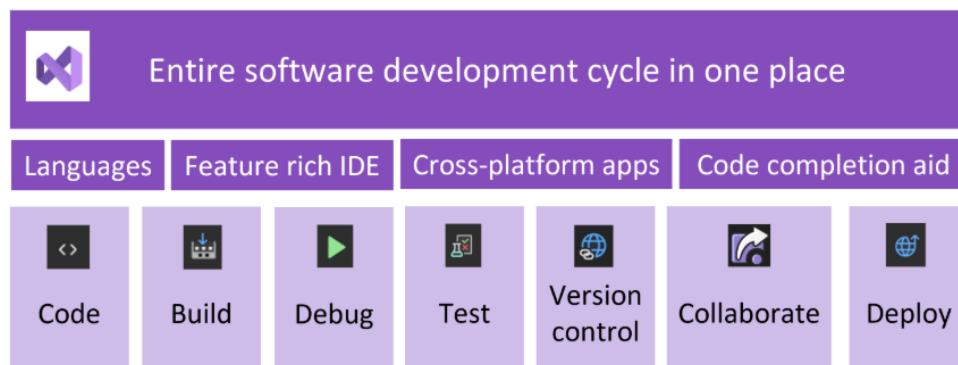
2.2.1. Visual Studio (C Sharp)

La forma prudente de obtener la definición de este concepto es directamente de la página de Microsoft Learn Challenge, la cual dicta que Visual Studio es una herramienta de desarrollo eficaz que permite completar todo el ciclo de desarrollo en un solo lugar. Es un entorno de

desarrollo integrado (IDE) completo que puede usar para escribir, editar, depurar y compilar el código. Este incluye compiladores, herramientas de finalización de código, control de código fuente, extensiones y muchas más características para mejorar cada fase del proceso de desarrollo de software como se puede observar en la Figura 18 (Microsoft Learn Challenge, 2024).

Figura 18

Ciclo del desarrollo de un proyecto en Visual Studio



Fuente: (Microsoft Learn Challenge, 2024)

Las características de este sistema permiten que sea una de las plataformas más utilizadas a nivel mundial, puesto que brinda todos los medios para crear desde aplicaciones sencillas a más elaboradas y orientadas a diversos campos de uso gracias a la compatibilidad entre varios lenguajes de programación como lo son C++, C#, JavaScript, TypeScript, Python, entre otros. Para este caso en particular, Teradyne ha migrado de lo anteriormente conocido como LabVIEW a utilizar todo su código fuente en lenguaje C y se especifica dentro de los requisitos, utilizar C# para desarrollar el proyecto.

Según la página web *códigoonautas*, C# (C Sharp) es un lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado por Microsoft para crear aplicaciones para Windows; estipula,

además, que hoy en día C# se ha convertido en multiplataforma, donde se logra escribir programas tanto para Windows como para iOS y Linux. (Byte, 2024)

Este entorno de desarrollo facilita una experiencia altamente eficiente tanto para el usuario final como para el desarrollador, ya que ayuda con la creación de aplicaciones de manera rápida y precisa gracias a la integración de herramientas avanzadas; los desarrolladores pueden escribir código exacto y fácilmente mantenible. Entre sus características más destacadas se encuentra la función de autocompletar, que sugiere automáticamente fragmentos de código a medida que el programador escribe, ayudando a evitar errores y mejorando la productividad. Además, el entorno resalta las palabras clave, funciones y bibliotecas con diferentes colores, lo que facilita la lectura y comprensión del código.

Otro aspecto clave es la capacidad de reutilizar código y bibliotecas preexistentes, lo que reduce significativamente el tiempo necesario para desarrollar nuevas aplicaciones, al evitar la repetición de esfuerzos. Asimismo, el entorno organiza el código en objetos, lo que no solo mejora su estructura, sino también facilita su edición, comprensión y mantenimiento a largo plazo. Finalmente, la plataforma incluye herramientas de depuración avanzadas que permiten detectar errores de manera más eficiente, lo que contribuye a la calidad del código y agiliza el proceso de desarrollo.

En resumen, C# es un entorno de desarrollo avanzado que optimiza cada etapa del ciclo de vida de la aplicación, ofreciendo un flujo de trabajo más ágil y menos propenso a errores.

2.2.2. Bibliotecas/librerías

Una de las primeras declaraciones al momento de programar con este lenguaje es la incorporación de las bibliotecas y librerías al puro inicio del código; mediante las cuales se habilitarán funciones previamente establecidas por este entorno de programación.

Dentro de la página web KSchool, se define una librería como archivos de código que tienen como objetivo desarrollar software de una forma más sencilla, con el objetivo de simplificar la programación, ya que añaden funciones que son comunes a muchos otros lenguajes. Se especifica además que las funciones no son más que segmentos de código creados a partir de unos parámetros de entrada, para generar un resultado concreto (KSchool, 2024).

Luego de visitar diferentes fuentes, se encuentran similitudes en conceptos y definiciones, como por ejemplo en página Programación Pro, el autor González define una librería como un conjunto de módulos que brindan funcionalidades determinadas para ser usadas en un programa cuando estas no se encuentren dentro de la biblioteca específica y describe a su vez, que una biblioteca es un conjunto de funciones y rutinas predefinidas. Estas funciones están agrupadas de manera lógica y organizada, lo que facilita su reutilización en diferentes partes de un programa (González, 2024).

En resumidas cuentas; ambos conceptos poseen una semejanza entre ellos sin embargo una biblioteca se añade al programa como una dependencia en archivos .dll que se encuentran ya compilados y una librería es un término más genérico para el conjunto de herramientas o comandos que pueden no estar compilados, pero funcionan para resumir código.

En este programa se utilizarán ambos conceptos ya que se deben incorporar las bibliotecas como por ejemplo Ivi.Visa que permite la comunicación con los instrumentos, y se usan las funciones establecidas inicializando el código con la especificación de ‘using’ para indicar la directriz que será usada.

Figura 19

Directivas de bibliotecas genéricas en C#

```
using FinalAssemblyTest;
using Ivi.Visa;
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Drawing;
using System.IO;
using System.Linq;
using System.Runtime.Remoting.Channels;
using System.Text;
using System.Threading;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;
```

Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

La Figura 19, presenta un ejemplo claro de cómo se incluyen las directivas al inicio del código para poder utilizar las funciones que contienen. Muchas de estas directivas se agregan automáticamente al incorporar elementos desde la barra de herramientas para crear la interfaz de usuario. Por ejemplo, al agregar una imagen mediante un PictureBox, se añade automáticamente la directiva ‘using System.Drawing’, la cual incluye los comandos necesarios para configurar la imagen correctamente.

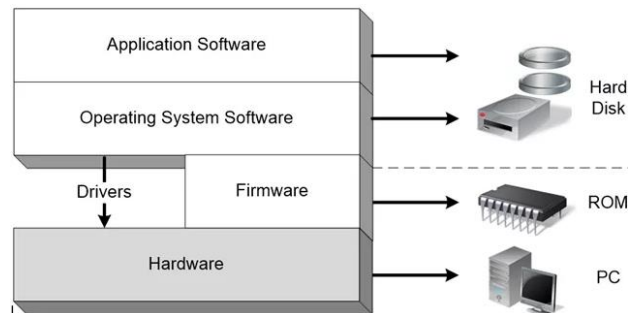
2.2.3. Controladores o drivers

Seguidamente y en la misma línea con las librerías y bibliotecas, se procede a describir el significado de un controlador o ‘driver’, debido a que es de vital importancia para el desarrollo del proyecto establecer la comunicación entre los equipos de medición (hardware) con el programa o software.

Jaime Herrera, describe un controlador como un grupo de archivos que deben ser instalados para permitir que uno o varios dispositivos se puedan comunicar con el sistema operativo, como es mostrado en la Figura 20. Sin ellos, el sistema no podría enviar o recibir datos del dispositivo de hardware, por lo que no funcionaría (Herrera, 2024).

Figura 20

Diagrama de un controlador



Fuente: (Herrera, 2024)

La descripción anterior ofrece un concepto general que resulta fundamental para comprender los siguientes apartados que se relacionan específicamente con el proyecto. En este contexto, se procederá a definir los protocolos de comunicación entre los equipos, detallando la forma en que se llevará a cabo la ejecución del sistema.

Standard Commands for Programmable Instruments (SCPI)

El ingeniero Randy Cordero del Tecnológico de Costa Rica, quien realizó los primeros acercamientos con el sistema Teradyne; refiere que SCPI es un lenguaje de comandos para instrumentos de medición, principalmente para aquellos instrumentos que son desarrollados bajo las especificaciones del estándar IEEE 488.2. Esto permite que instrumentos de distintos fabricantes con las mismas funciones de medición (voltaje, frecuencia, entre otros) utilicen el mismo comando para ello.

El objetivo primordial del lenguaje SCPI es el reducir el tiempo de desarrollo en sistemas ATE (Automatic Test Equipment) por medio de consistencia en el ambiente de programación para el control y uso de datos en los instrumentos. (Cordero, 2020).

Como consecuencia, conocer sobre el protocolo que se requiere para controlar los equipos, dictará las pautas para crear los comandos que el driver utilizará para obtener la información, tanto de la identificación del instrumento como los datos mediante la biblioteca de API Ivi.Visa. Para ello, se debe utilizar la siguiente estructura:

Notación de forma Backus-Naur: Este tipo de notación se utiliza para la descripción de los comandos, con ello se indican los parámetros y subsistemas a los que pertenece como se muestra en la

Tabla 3.

Tabla 3
Símbolos de notación de forma Backus-Naur

Símbolo	Significado
<>	Elemento definido
=	Definido como
	Exclusive or
{ }	Grupo, un elemento es requerido
[]	Opcional, se puede omitir elemento
...	Elementos anteriores pueden ser repetidos

Fuente: (Cordero, 2020).

Estructura: Los comandos están compuestos por comandos ‘set’ y comandos ‘query’, y su configuración se denota en la Tabla 4. Los comandos pueden ser escritos en mayúscula o minúscula de forma indistinta y puede contener espacios en blanco sin afectar la comunicación con el instrumento.

Tabla 4
Elementos de un comando

Símbolo	Significado
<Encabezado>	El nombre básico del comando, si termina con “?” es un query. Si el comando se concatena con otros el símbolo “:” debe ir al principio, excepto para comandos que inicien con “*”
<Nemónico>	Función del encabezado, si el encabezado cuenta con múltiples funciones, estas se separan por dos puntos.
<Argumento>	Es una cualidad, cantidad, restricción o límite asociado al encabezado.
<Coma>	Separa argumentos múltiples.
<Espacio>	Separa argumentos del encabezado

Fuente: (Cordero, 2020).

La tesis de Randy será clave para sentar las bases del enfoque de comunicación y control que se implementará en este desarrollo, por lo que se tomará en cuenta su trabajo previo al formular la estructura y ejecución del sistema propuesto.

2.2.4. Clases

Este concepto refiere a todo un conjunto de términos y constructores que facilitan la organización de código en identificadores únicos. Las siguientes definiciones son referenciadas desde la página de Microsoft Learn Challenge, donde el autor Bill Wagner define que una clase es una estructura de datos que puede contener miembros de datos (constantes y campos), miembros de función (métodos, propiedades, eventos, indexadores, operadores, constructores de instancia, finalizadores y constructores estáticos) y tipos anidados. Los tipos de clase admiten la herencia, un mecanismo por el que una clase derivada puede extender y especializar una clase base. (Microsoft Learn Challenge, 2024)

La misma definición brinda el conjunto de funciones que se pueden realizar dentro de ella, pero es importante resaltar que cada clase tiene un modificador e identificador único que se crea según la aplicación que se le dará; además uno de los términos relevantes es de qué manera será el acceso la clase, por lo que se definen estos parámetros en la Tabla 5.

Tabla 5
Parámetros para definición de clases.

Definición de la Clase	Detalle
New	Es el modificador para la creación de una nueva clase.
Public	El significado intuitivo de public es "acceso no limitado".
Protected	El significado intuitivo de protected es "acceso limitado a la clase o tipos contenedores derivados de la clase contenedora".
Internal	El significado intuitivo de internal es "acceso limitado a este ensamblado".
Private	El significado intuitivo de private es "acceso limitado al tipo contenedor"

Fuente: (Microsoft Learn Challenge, 2024)

En este proyecto se utilizarán las clases para la creación de cada prueba que debe ser ejecutada con el simple objetivo de que el código final no sea repetitivo y extenso, sino que permita el claro entendimiento de lo que se realiza dentro de cada una ellas.

2.2.5. Funciones

Otra de las formas en que será organizado el código y continuando la línea de que el entorno de programación en C# es modular, es el uso de funciones. El señor Luis Llamas establece que una función es un bloque de código reutilizables que realiza una tarea

específica cuando se llama o se invoca desde otro lugar del programa. además, reafirma que su uso permite dividir el código en unidades más pequeñas y manejables. (Llamas, 2024).

Dentro de la información recopilada y como se ejemplifica en la Figura 21, se encuentra que las funciones pueden tomar cero o más parámetros de entrada, realizar operaciones, cálculos y retornar un valor opcional como salida a la sección de código donde fue invocada inicialmente.

Figura 21

Forma de construcción de una función

```
1 [modificador] tipo_de_retorno nombre_de_la_funcion([lista_de_parametros])
2 {
3     // Código de la función
4     return valor_de_retorno; // Opcional
5 }
```

Fuente: (Llamas, 2024)

El autor indica que, para utilizar una función y ejecutar su código, basta con escribir el nombre de la función seguido de paréntesis. Dentro de los paréntesis se pueden incluir los parámetros de entrada (si los hay), o dejarlos vacíos si no se requieren. Además, se debe emplear la palabra clave 'return' si se espera que la función devuelva un resultado como parte de su operación.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. DEFINICIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de investigación

El siguiente apartado tiene como objetivo definir el enfoque que tomará la implementación de este proyecto para resolver el problema identificado en la empresa. Este proceso se desarrollará a partir de una base teórica de investigación, que se aplicará en la planificación de cada etapa o fase que estructurará su ejecución.

Para iniciar, se define una investigación como “conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno o problema con el resultado (o el objetivo) de ampliar su conocimiento (Hernández- Sampieri, Metodología de la Investigación, 2023); esta concepción declara el proceso en que se desarrollan los pasos y etapas en donde una simple idea se transforma en un entregable o un resultado deseado, y para este caso en particular con el objetivo de resolver una necesidad existente.

El mismo desarrollo requiere primeramente de la definición del tipo de investigación a realizar, ya que como lo afirma Bernal Torres: “en la investigación científica existen diferentes tipos de investigación y es necesario conocer sus características para saber cuál se ajusta mejor a la investigación que se realizará”; además menciona: “que la elección del tipo de investigación depende, en alto grado, del objetivo, del problema y de las hipótesis que se formulen en la investigación” (Bernal Torres, 2022). Con esta definición, se reconoce que la importancia de catalogar la investigación va más allá de la búsqueda de conceptos teóricos y el previo análisis de estos; es necesaria la recolección de información,

estudio y previo análisis de los mismos para de esa manera realizar la adecuada construcción de las etapas del proyecto con las que se lograra completarlo de manera satisfactoria y precisa; en donde además de limitar el área de trabajo se realiza el manejo directo de las variables del problema.

Y es en relación con el problema y a las variables que lo conforman, que se declara el tipo de investigación que guiara este proyecto en una investigación de campo con estudio de factibilidad. Se escoge este camino visto que la investigación de campo está definida según Sampieri como “la recolección de datos en base a un registro sistemático, válido, confiable de comportamientos y situaciones que pueden ser observables”, (Investigación de campo, 2023) además se mencionan las principales características de este tipo de investigación en:

Contexto Natural: la información es recolectada en el ambiente donde ocurre el fenómeno en estudio sin alterar ni manipular las variables.

Interacción Directa: Se realiza una relación directa con los interesados y el estudio del fenómeno directa ya que se utiliza herramientas que requieren este tipo de intervención; como, por ejemplo: la observación, entrevistas, encuestas, o participación en las actividades.

Flexibilidad: es necesario contemplar las formas de adaptarse a los ambientes cambiantes que requieran de ajustar el enfoque y los métodos de recolección de la información.

Ahora bien, se complementa este estudio con el tipo de investigación de factibilidad ya que Martínez y Vivas lo definen como “una modalidad de investigación que consiste en la formulación de un proyecto o modelo operativo viable que busca mejorar una situación en cualquier ámbito educativo, con la finalidad de buscar acciones que acceden a intervenir y mediar, que busca presentarse una solución que pueda ser realizable para solventar, así como atender las necesidades presentes en un determinado lugar” (Martínez Fuentes & Vivas Escalante, 2022).

Se selecciona este tipo de investigación ya que se busca construir un sistema que brinde una solución para suplir una necesidad empresarial en base a la realidad actual de la misma, utilizando la observación y una relación directa con los interesados durante la ejecución de las actividades para evaluación de los resultados sobre la viabilidad de este.

3.1.2. Enfoque de la investigación

La misma definición del tipo de investigación brinda las pautas del enfoque que tendrá la misma; en este caso la investigación de campo y factible orientan al desarrollo de un proceso secuencial de etapas para la ejecución adecuada del proyecto lo que vincula la ruta cuantitativa como rumbo de la investigación. Esta afirmación la corrobora la literatura donde Hernandez-Sampieri define que este enfoque representa un conjunto de procesos organizado de manera secuencial para comprobar ciertas suposiciones. Cada fase precede a la siguiente y no podemos eludir pasos, el orden es riguroso, aunque desde luego podemos redefinir alguna etapa. Se parte de una idea que se delimita y, una vez acotada, se generan

objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o perspectiva teórica. De las preguntas se derivan hipótesis, y determinan y definen variables; se traza un plan para poner a prueba las primeras (diseño); se seleccionan casos o unidades para medir en estas las variables en un contexto específico (lugar y tiempo); se analizan y vinculan las mediciones obtenidas (mediante métodos estadísticos), y se extrae una serie de conclusiones respecto de la o las hipótesis (Hernández- Sampieri, Metodología de la Investigación, 2023).

Este enfoque es el adecuado ya que el proyecto se ejecutará en fases secuenciales dependientes una de otras, lo que se define necesario ya que, por ejemplo, todo el hardware requerido debe estar instalado previo a ejecutar el programa tanto en verificación y comunicación de los instrumentos (mencionados en el capítulo II), como la realización de las rutinas de pruebas. Sin embargo, para llegar hasta esas fases finales será necesario el análisis de información con métodos estadísticos que generalicen el problema en su ambiente real, donde las mismas variables permitan el ajuste a la realidad con el uso de un proceso de razonamiento deductivo y lógico que soporte las hipótesis deducidas y otorguen finalmente validez y confiabilidad. (Hernández- Sampieri, Metodología de la Investigación, 2023).

3.2. FUENTES DE INFORMACIÓN

Las fuentes de información de un proyecto declaran la veracidad y confiabilidad de la información recolectada, seleccionada y analizada durante todo el desarrollo del mismo; estos además fundamentan el proyecto y guían hacia la comprobación de las hipótesis planteadas y como lo define Hernandez-Sampieri: “Los datos son la materia prima para el análisis, los ladrillos sobre los cuales se construye este y, por lo tanto, el conocimiento” (Hernández- Sampieri, Metodología de la Investigación, 2023).

3.2.1 Fuentes primarias

Las fuentes de información primarias están definidas como aquellas que provienen de la experiencia directa o la observación de los hechos; son documentos originales o primeras impresiones de un evento o investigación. Estos pueden incluir documentos históricos, entrevistas, encuestas, diarios de campo, registros médicos, entre otros (Suarez, 2024).

Este tipo de información será recolectado para el proyecto mediante diferentes técnicas, como por ejemplo la observación directa del problema en su ambiente real y entrevistas realizadas al personal experto con el fin de obtener la información sin ningún intermediario.

Las entrevistas se realizarán aplicando método cuantitativo para analizar la información mediante estadística, donde además se evidencie el problema y la mejora final del proceso.

3.2.2 Fuentes secundarias

Suarez a su vez define las fuentes secundarias en aquellas que recogen, sintetizan y analizan información de las fuentes primarias. Son una compilación de información que otros han recogido y publicado previamente. Los libros de texto, los artículos de revistas y los informes de investigación son ejemplos de fuentes secundarias (Suarez, 2024).

Estas fuentes de información son necesarias para otorgar el cuerpo de la investigación, ya que por sí mismas son las formas que brindan los datos más detallados con la finalidad de ampliar la visión de los temas tratados. Es mediante este tipo de información que se construye dentro del proyecto todo el marco teórico y metodológico, es en síntesis la recopilación de información teórica que será aplicada.

3.2.3 Sujetos de información

Los sujetos de estudio son aquellas personas o grupos de personas que forman parte de los colectivos cuyas características, opiniones, experiencias, condiciones de vida, entre otros rasgos y atributos cobran interés particular para investigaciones (Solís, 2021); esta definición de sujetos de estudio es de importancia para el proyecto ya que sustentan el tipo y el enfoque de la investigación ya que se tomara la información en primera línea del problema.

Además, el conjunto de personas que deben ser mapeadas ha sido delimitado desde el inicio con el establecimiento del área donde el proyecto será implementado; en este caso basado en la experiencia del personal técnico e ingenieril del área de 'power supply' de Teradyne.

3.3. TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS

Una de las partes esenciales para el cumplimiento de la investigación, es la forma en que serán recolectados los datos que acuerparán el proyecto; Hernández-Sampieri afirma en la literatura, que la recolección de datos define la precisión y la claridad del estudio, lo que significa aplicar uno o varios instrumentos de medición para recabar la información pertinente de las variables del estudio en la muestra o casos seleccionados (personas, grupos, organizaciones, procesos, eventos, etc.). Los datos obtenidos son la base del análisis; sin datos no hay investigación. (Hernández- Sampieri, Metodología de la Investigación, 2023).

Entonces, se definen los instrumentos y las formas para lograr la recolección de la información partiendo de las fuentes de información, estas herramientas serán: la observación y una combinación de cuestionario junto con la entrevista.

3.3.1. La observación

Esta técnica de recolección de datos consiste en registrar de manera sistemática, válida y confiable los comportamientos o conductas que se manifiestan, de acuerdo con un conjunto de reglas y procedimientos predeterminados derivados del planteamiento del problema de investigación (Hernández- Sampieri, Metodología de la Investigación, 2/e, 2023); esta herramienta permite la interacción directa con el proyecto y los objetos bajo investigación

en donde se mantiene una participación activa prestando atención a los detalles y eventos que se ejecutan en el día a día. En la Tabla 6, se realiza una recopilación de información vital para construir un sistema de observación según Hernández- Sampieri:

Tabla 6

Descripción de parámetros para realizar una observación

Parámetro	Descripción del Parámetro
Definir con precisión los aspectos, eventos, conductas y variables a ser observadas.	¿Qué y quiénes se van a observar y por cuánto tiempo?
Especificar las circunstancias de la observación.	¿Dónde y cuándo se llevarán a cabo las observaciones?
Definir del sector a observar.	¿Será todo el universo o una muestra de rasgos?
Establecer y definir las unidades a observar.	La unidad de análisis es aquello que se espera obtener y que debe ser captada por los sentidos.
Definir las categorías y subcategorías.	Su función central será la de permitir la discriminación de las tareas.
Diseñar la manera en que registran las observaciones realizadas.	Donde y cuál será la forma en que se anoten los datos observados para su posterior análisis.
Definir el papel del observador	Definir la relación observador-observados (observador participante o no participante)

Fuente: (Hernández- Sampieri, Metodología de la Investigación, 2/e, 2023)

3.3.2. El cuestionario

Esta herramienta está definida como una forma de recopilación de información, es decir, un tipo de encuesta, que consiste en una serie sucesiva y organizada de preguntas. se ofrecen al público cuya opinión desea conocerse o cuyos conocimientos desean someterse a evaluación, y una vez respondidos pueden ser analizados para obtener conclusiones individuales o, dependiendo de su naturaleza, para proyecciones grupales o estadísticas (Editorial Etecé, 2024).

3.3.3. La entrevista

Una entrevista es un intercambio de ideas u opiniones mediante una conversación que se da entre dos o más personas; todas las personas presentes en una entrevista dialogan sobre una cuestión determinada y su fin es recolectar determinada información u opinión (Editorial Etecé, 2020).

Ahora bien; para la ejecución del proyecto el uso de las tres herramientas facilita la comprensión de las diversas formas en que los técnicos realizan las pruebas con la fuente de alimentación; mediante la observación se comprende la manera en que ellos deben realizar las conexiones físicas de cada módulo; se evalúa la conexión necesaria para saber de dónde se obtendrá el control de la fuente y la denotación de todas las variables que pueden afectar el proceso. Seguidamente en las sesiones de conversatorios, se dialoga directamente con los involucrados para apoyar con la experiencia del día a día lo que fue

observado y encontrar ahí más información de relevancia, ya que posibilita conocer las ideas y opiniones de las personas expertas.

Además, se establece la confianza con el personal para obtener una información más detallada sobre la necesidad del técnico, el ingeniero y la organización de mejorar el proceso para finalmente transformar esa información en datos estadísticos que apoyen el proyecto y sustenten el cumplimiento de los objetivos.

3.4. VARIABLES DEL PROYECTO

Esta definición metodológica, descompondrá los objetivos específicos con la finalidad de comprender el trasfondo en ellos mediante el análisis y utilización de las variables de investigación; para ello Lauren Stewart define una variable como “los componentes fundamentales de la investigación que permiten medir y analizar datos; ellos pueden definirse como características o propiedades que pueden adoptar distintos valores” (Stewart, 2024); además Andrea Parra complementa esta información al definir que las variables “representan un atributo medible que cambia a lo largo de un experimento comprobando los resultados” (Parra, 2023).

De acuerdo con las descripciones anteriores, en la Tabla 7 se muestran las variables según la relación directa con el objetivo específico planteado.

Tabla 7*Variables de la investigación*

Objetivo Específico	Variable Asociada	Descripción
Determinar la necesidad de la empresa de tener un control automático del funcionamiento de las fuentes de alimentación, mediante la recolección de información para optimizar el rendimiento y asegurar la fiabilidad operativa.	Necesidad de implementar un control automático.	Esta variable representa la necesidad de la compañía de implementar un control automático en el proceso de reparación de las fuentes de alimentación.
Definir la arquitectura y mapeo de canales del sistema de medición automático para los seis números de parte, basándose en los procedimientos de la empresa, para especificar los componentes necesarios y su interconexión.	Mapeo de los canales de las fuentes de alimentación.	Esta variable representa el proceso de mapear las salidas de las fuentes, en los seis números de parte, basado en los procedimientos. Asegurando, que todo este correctamente conectado.
Seleccionar el hardware que comunicara la fuente de alimentación y el sistema, evaluando diferentes opciones, para asegurar una integración eficiente y confiable.	Selección del hardware a utilizar.	Esta variable representa la eficiencia con la que se seleccionaran los componentes físicos para conectar la fuente completamente ensamblada.

<p>Evaluar los algoritmos en la interfaz de usuario para medir cada salida de voltaje, realizando pruebas practicas con datos reales para mejorar la precisión, tiempo de respuesta y compatibilidad con el hardware, con el fin de garantizar una operación precisa y fácil para el usuario.</p>	<p>Calidad de los algoritmos para la interfaz de usuario.</p>	<p>Esta variable representa la efectividad de las líneas de programación de la interfaz de usuario y el proceso de medición.</p>
<p>Desarrollar un programa que integre un sistema de almacenamiento seguro de datos mediante una base de datos centralizada y un sistema de alertas automáticas, realizando pruebas para asegurar su correcto funcionamiento, con el fin de garantizar el acceso a los datos y permitir una respuesta rápida de los interesados.</p>	<p>Eficiencia del programa integrado para el almacenamiento y generación de alertas.</p>	<p>Esta variable representa la efectividad del programa para almacenar los datos y generar las alertas necesarias, evaluando su correcto funcionamiento con las pruebas directas a las fuentes.</p>
<p>Capacitar al personal técnico e ingenieril en el uso y gestión del sistema de medición automático, mediante la demostración en el ambiente real para asegurar un entendimiento completo del sistema.</p>	<p>Calidad de la capacitación del personal.</p>	<p>Esta variable representa el nivel de cobertura y entendimiento de la información para los técnicos y los ingenieros que utilizaran la herramienta.</p>

Registrar la documentación para el uso del programa, con la creación detallada de dos guías (un manual de usuario y un manual técnico), para que la información sea accesible y útil tanto para técnicos como para ingenieros.	Calidad de la documentación.	Esta variable representa la claridad y utilidad del manual de usuario donde se proporcionen instrucciones claras y detalladas de la configuración del sistema.
--	------------------------------	--

Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

3.5. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Todo lo expuesto anteriormente converge en la creación del diseño de la investigación, en el cual, una vez definido y delimitado el problema, así como los objetivos y las variables correspondientes, se elaboran las estrategias necesarias para llevar a cabo el proyecto. Hernández- Sampieri refiere el diseño de una investigación cuantitativa como “el plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea con el propósito de responder al planteamiento del problema” (Hernández- Sampieri, Metodología de la Investigación, 2023); este plan de desarrollo es descrito en la Tabla 8.

Tabla 8
Diseño de la investigación

Objetivo General	Objetivo Específico	Variable Asociada	Método de Investigación	Técnica de Investigación
Desarrollar e implementar un sistema de medición automático que monitoree el voltaje y la corriente del ensamble final de una fuente de alimentación en el área de ‘Power Supply’ de Teradyne mediante la utilización de tecnologías disponibles y recursos internos con el fin de	Determinar la necesidad de la empresa de tener un control automático del funcionamiento de las fuentes de alimentación, mediante la recolección de información para optimizar el rendimiento y asegurar la fiabilidad operativa.	Necesidad de Implementar un Control Automático.	Método Descriptivo y Análisis de datos.	Cuestionario y Entrevista.
	Definir la arquitectura y mapeo de canales del sistema de medición automático para los seis números de parte, basándose en los procedimientos de la empresa, para especificar los componentes necesarios y su interconexión.	Mapeo de los canales de las fuentes de alimentación.	Método Descriptivo.	Observación y Entrevista.
	Seleccionar el hardware que comunicara la fuente de alimentación y el sistema, evaluando diferentes opciones, para asegurar una integración eficiente y confiable.	Integración del Hardware	Método Experimental.	Observación.
	Evaluar los algoritmos en la interfaz de usuario para medir cada salida	Calidad de los	Método	Observación

prevenir daños, de voltaje, realizando pruebas practicas con datos reales para mejorar algoritmos en la Experimental. y Entrevista.	asegurar la calidad del la precisión, tiempo de respuesta y compatibilidad con el hardware, interfaz de	producto enviado al con el fin de garantizar una operación precisa y fácil para el usuario. usuario
cliente y mejorar la eficiencia del proceso de producción mediante la generación de alertas automáticas ante desviaciones significativas para el segundo semestre del 2024.	Desarrollar un programa que integre un sistema de almacenamiento seguro de datos mediante una base de datos centralizada y un sistema de alertas automáticas, realizando pruebas para asegurar su correcto funcionamiento, con el fin de garantizar el acceso a los datos y permitir una respuesta rápida de los interesados.	Eficiencia del programa integrado para almacenamiento y alertas. Método Observación Experimental. y Entrevista.
	Capacitar al personal técnico e ingenieril en el uso y gestión del sistema de medición automático, mediante la demostración en el ambiente real para asegurar un entendimiento completo del sistema.	Calidad de la Capacitación del Personal. Observación, Cuestionario y Entrevista.
	Registrar la documentación para el uso del programa, con la creación detallada de dos guías (un manual de usuario y un manual técnico), para que la información sea accesible y útil tanto para técnicos como para ingenieros.	Calidad de la Documentación Método Descriptivo Cuestionario y Entrevista

Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

CAPÍTULO IV

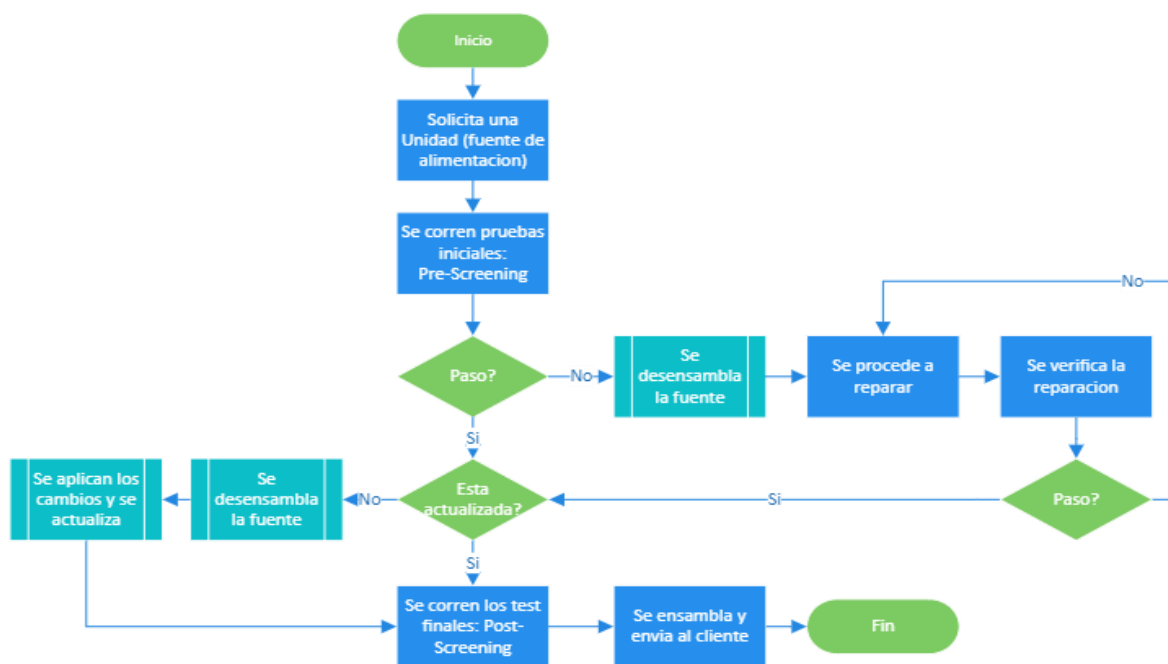
DIAGNÓSTICO

4.1. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Como ha sido expuesto en los capítulos anteriores, una fuente de alimentación es un instrumento indispensable para la puesta en marcha y funcionamiento de los sistemas; es por ello por lo que se ofrece el servicio de diagnóstico y reparación de estas. Ahora bien; en la actualidad el proceso que se realiza para ello es completamente manual; en la Figura 22 se detalla todo el proceso, pero a diferencia del diagrama expuesto en la primera sección de este documento, para esta sección se especifican las acciones de cómo el técnico realiza la reparación de las fuentes.

Figura 22

Proceso de reparación de las fuentes de alimentación



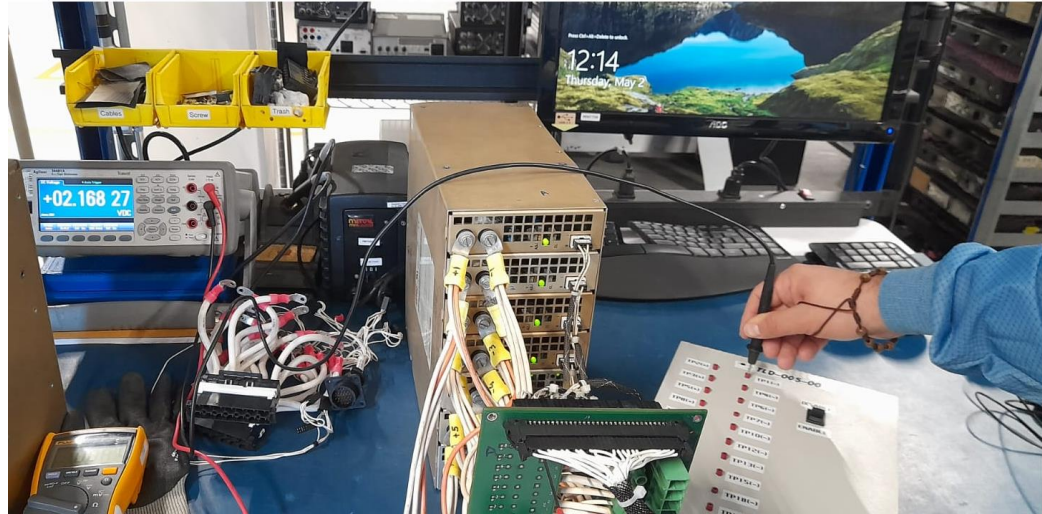
Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

Partiendo del flujo anterior, se evidencia como las unidades son realmente manipuladas por el usuario en diferentes partes del proceso y es esa manipulación uno de los factores que podrían incurrir en los fallos que han sido detectados por la organización. Por lo que a continuación se profundizan las subactividades realizadas en cada etapa para una mejor comprensión de la situación real.

- a. La inspección visual: Mediante esta inspección, el técnico realiza un primer filtro que asegura que la unidad ha sido recibida físicamente funcional; es decir; se verifica que no haya golpes significativos en el chasis, daños en la unidad como conectores rotos, componentes faltantes, módulos quemados o explotados. Además, se comprueba que el cliente no haya manipulado la fuente revisando la integridad de las etiquetas de garantía.

- b. Las pruebas requeridas ('testing'): Las pruebas que se ejecutan son estipuladas en documentos llamados TET que describen todo el proceso que se realiza, las mismas se corren con dos objetivos: el primero es para correlacionar el fallo del cliente y el segundo para demostrar que el proceso de reparación ha sido realizado exitosamente y la fuente es completamente funcional.

En las pruebas iniciales o 'pre-screening' se verifican las salidas de cada módulo, como se ejemplifica en la Figura 23 para identificar el voltaje faltante o cualquier fallo; estas rutinas se ejecutan con la fuente completamente ensamblada.

Figura 23*Pruebas de iniciales de la fuente de alimentación*

Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

Sin embargo, la fuente puede no estar armada al momento de correr las últimas pruebas o el ‘post-screening’; aquí se vuelve a ejecutar la medición de voltaje de cada salida y se añaden las rutinas de corriente con el burn-in, en donde se conectan las cargas electrónicas para forzar la salida de corriente.

- c. El desensamble de la fuente: Las fuentes de alimentación son desensambladas para verificar que se encuentre al día con las actualizaciones y para iniciar la reparación de módulos. Como se puede observar en el flujo; la fuente siempre estará expuesta a estos pasos, lo que aumenta el riesgo de fallos en la verificación final de voltajes debido a un mal ensamble.

- d. Proceso de reparación: El técnico mediante la aplicación de su conocimiento y con el desarrollo de sus habilidades utiliza las herramientas teóricas y técnicas para diagnosticar el fallo encontrado y a su vez repararlo. En este proceso se realizan mediciones en “caliente” (la fuente conectada a la alimentación principal y encendida) donde se miden las entradas y salidas de los componentes para buscar donde se han perdido los valores o también ejecutan mediciones de impedancia entre los componentes o pistas en relación con alguna referencia. Finalmente se procede a reemplazar la parte que se diagnostica como defectuosa.

Este proceso, sin embargo, puede presentar complicaciones dependiendo de que tan retador este el fallo, lo que requiere de más tiempo para análisis y resolución de problemas.

- e. El ensamble: en este proceso se hace uso de las herramientas necesarias para incorporar uno a uno cada módulo entre ellos con el chasis. Luego se ensamblan los respectivos conjuntos de cables a las salidas de estos y se ajusta el otro extremo de los cables a los conectores verdes en la placa llamada “Filter Board”.

Finalizando la descripción actual de las rutinas y subprocesos que ejecuta el técnico, se logra obtener el panorama completo del proceso para proceder con la aplicación de las herramientas para recolectar datos y trabajar sobre los puntos de mejora.

4.2. RECOLECCIÓN DE DATOS

Para profundizar el problema y a la vez enriquecer el conocimiento sobre el mundo de la reparación de las fuentes de alimentación; se aplicaron herramientas que proporcionen el mismo y como fue descrito en la sección previa (capítulo 3); se usó la observación, el cuestionario y la entrevista para ello.

Mediante la observación; se realizó una detallada inspección del área y del proceso el cual ha sido descrito y resumido en la sección 4.1 con las etapas de reparación y las subactividades que el usuario realiza.

El cuestionario fue la herramienta aplicada para extraer información directamente de los tres técnicos que manipulan las fuentes y los dos ingenieros que brindan soporte a estos. Este cuestionario fue enviado vía correo electrónico y se construyó con la ayuda de 'Microsoft Forms'. El mismo, se constituyó de dieciséis preguntas (puede ser encontrado en el apéndice de este proyecto) que iniciaron desde la concepción de cuánto tiempo les toma realizar las mediciones del ensamble final hasta del conocimiento del equipo utilizado y las mejoras que ellos podrían impactar el proceso y por ende el negocio con los siguientes resultados:

- a. ¿Con qué frecuencia realiza el proceso de diagnóstico y reparación de fuentes de alimentación?

R/ El 80% de los entrevistados realizan el proceso de manera diaria, mientras que el otro 20% corresponde a una persona que realiza soporte esporádico.

- b. ¿Antes de enviar la fuente al cliente, se ejecuta alguna prueba de todo el ensamble, asegurando la función y salida correcta de todos los módulos al mismo tiempo?

R/ El 100% de los entrevistados concuerdan con que siempre se realiza un proceso con la fuente de alimentación completamente ensamblada previo a que ella sea retornada al cliente.

- c. ¿Con que frecuencia encuentra un fallo en un módulo al final de las pruebas, que lo obliguen a reiniciar el proceso?

R/ Para esta pregunta, el 60% de los entrevistados afirma que raramente encuentran una mala medición que los obligue a reiniciar el proceso de reparación. Sin embargo, comentan que puede ser posible, lo que le produciría más inversión en tiempo y recursos.

Si concuerdan que antes de realizar las últimas mediciones, se aseguran de que la fuente esta reparada para evitar inversión de tiempo en reprocesos.

- d. ¿Qué tipo de alertas y notificaciones se generan actualmente en caso de fallos durante el proceso?

R/ El 80% concluye que recibe notificaciones de manera manual, este principio básicamente en la conversación transparente entre el técnico y el ingeniero, sin embargo, no del sistema ni la fuente de alimentación como tal.

El objetivo de la pregunta es encontrar la facilidad en la notificación si se encuentra algún módulo fuera de tolerancia o defectuoso.

e. ¿Cuál es el nivel de satisfacción con el proceso de burn-in?

R/ En esta pregunta el resultado de interés es que los ingenieros se muestran insatisfechos porque no existe ningún registro que les asegure que la prueba fue ejecutada y que la fuente se logró mantener estable durante un periodo de tiempo establecido.

f. ¿Qué espera detectar con la prueba de burn in? ¿Qué le gustaría que la prueba le muestre?

R/ Esta pregunta tuvo una respuesta unánime donde el 100% afirma que les gustaría tener el registro en datos de cuantos ciclos ha corrido y en cual se detectó una falla con la medición de los voltajes de salida de cada módulo.

g. ¿Por qué debe registrar las mediciones de salida de la fuente?

R/ Esta pregunta se plantea para comprender si el usuario realmente tiene ese conocimiento sobre la importancia del registro de datos o si solamente lo realiza por proceso. El resultado arroja que el 38% lo hace solamente por que el proceso se lo

indica; un 31% afirma que es importante como respaldo ante alguna escalación del cliente y además para que así se asegure la salida de cada potencia de cada voltaje.

h. ¿Qué tipo de documentación se utiliza actualmente para registrar los datos de las pruebas una vez reparada la unidad?

R/ El 80% de los entrevistados indica que se realiza un registro manual de los datos, mientras que el 20% corresponde a una sola persona que toma como medio electrónico la utilización de la computadora con Excel.

i. ¿Con qué frecuencia debe repetir una medición?

R/ Un 75% de la población indica que “a veces” debe repetir una medición y un 25% que siempre debe hacerlo.

j. ¿Con qué frecuencia se pierden registros importantes debido a errores en el registro de datos?

R/ El 60% de los entrevistados afirma que “a veces” se pierden los datos y un 20% esta dividido entre “raramente” y “frecuentemente”.

k. ¿Las herramientas de medición utilizadas están calibradas adecuadamente?

R/ El 80% de los entrevistados selecciono que si utilizan herramientas calibradas debido que usan un multímetro (DMM) para realizar las mediciones de precisión con las que se completa el documento, mientras que un 20% hace referencia que no por el uso de un multímetro de uso normal (tester) que no requieren calibración periódica.

l. ¿Qué nivel de importancia cree que tiene usar herramientas calibradas?

R/ El 100% afirma la importancia de que las herramientas de medición se encuentren calibradas.

m. ¿Cómo calificaría la precisión de la medición manual de las fuentes de alimentación en una escala?

R/ El 80% concuerda que la medición manual tiene un nivel de precisión medio mientras que el otro 20% indica que es alto basado en que es un trabajo repetitivo y ya posee el conocimiento para realizar la prueba.

n. ¿Cuánto tiempo le toma realizar todas las mediciones y el registrarlas?

R/ En promedio el tiempo que les toma realizar las pruebas finales es de 20 minutos en una relación directa con la cantidad de salidas que posea la fuente de alimentación.

- o. ¿Qué tan necesario considera que es implementar un sistema automatizado para el registro y monitoreo de las pruebas de las fuentes de alimentación?

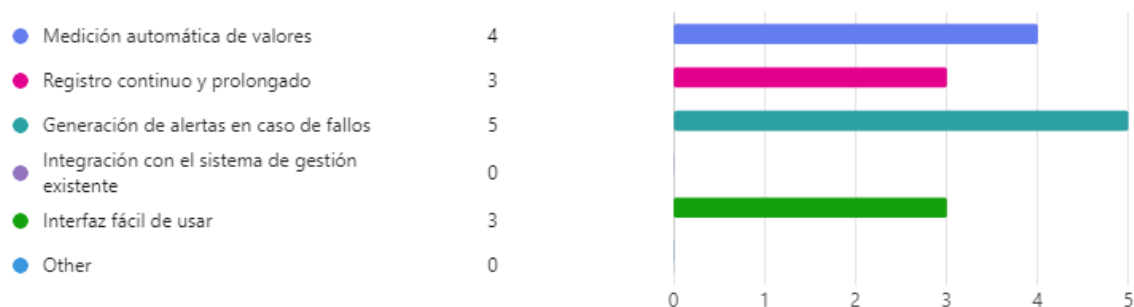
R/ El 100% indica que es muy necesario implementar un control automático.

- p. ¿Qué características considera más importantes en un nuevo sistema de verificación del ensamblaje?

R/ Los tres motivos que consideran debería poseer este sistema de control automático por orden de satisfacción son: generación de alertas en casos de fallos, medición automática de voltajes y un registro prolongado y continuo de datos junto con una interfaz fácil de usar y comprender. El cual puede ser corroborado en la Figura 24, donde se muestran las diferentes categorías que el entrevistado selecciono.

Figura 24

Requisitos de un sistema automático de pruebas



Fuente: Microsoft Forms

Finalizando la lectura y análisis de datos de los resultados del cuestionario aplicado, se evidencia:

- El usuario es consciente de la importancia de verificar la unidad bajo prueba cuando está completamente armada previo a ser enviado al cliente.
- Los usuarios realizan el proceso siguiendo un procedimiento que les indica donde y como deben hacer la medición.
- La medición debe ser realizada varias veces ya que mientras se mide se debe tener el Excel listo con el cuadro para completar la información y el valor muchas veces es olvidado por el técnico o el punto de medición es el equivocado.
- Como usuario final, el técnico está muy anuente a colaborar en la creación de un sistema automático que les solucione no solamente en tiempo de medición sino en la toma de valores más precisos.
- Los ingenieros califican más severo el proceso en base a su necesidad de asegurar la calidad y funcionalidad de la unidad.

Por lo tanto, el siguiente paso relevante en la investigación fue realizar una entrevista con el ingeniero experimentado en el proceso, la cual se encuentra adjunta en el apéndice como anexo. En conclusión, el ingeniero destacó la importancia de garantizar la calidad del producto, ya que las pruebas actuales no aseguran la fiabilidad ni la exactitud de los resultados debido a la intervención del usuario. Por ello, considera el proyecto como absolutamente necesario para eliminar cualquier duda sobre la precisión de los valores medidos o la posibilidad de que estos se vean alterados por el técnico. Además, subrayó el valor agregado que aportaría un sistema automático, a pesar de que pudiera incrementar el tiempo del proceso de pruebas.

4.3. DETERMINACIÓN DE BRECHAS

Como resultado del análisis de la situación actual del negocio y del proceso, a continuación, se acompaña la problemática detectada con la propuesta de mejora en la implementación del proyecto en la Tabla 9.

Tabla 9

Situación actual vs propuesta de mejora

Situación Actual	Propuesta de Mejora
Medición completamente manual de cada salida de voltaje de la fuente de alimentación.	Creación de un sistema físico que permita el control y medición de la fuente bajo prueba. Automatizar la adquisición de datos mediante una comunicación directa con el DMM.
Error en la toma de medición y pérdida de evidencia.	El proceso de automatización será directo con la comunicación de un instrumento de medición calibrado, que realizará en tiempo real la medición de salidas de voltaje y lo registrará en un archivo (“data-log) guardado en una dirección definida.
No se registran los datos del ‘Burn-in’ ya que esta no está incluida para el ensamble final.	Añadir la ejecución de ‘Burn-in’ de manera automatizada donde se registren las salidas de voltaje por cada ciclo de corrida.
No existe ningún sistema de alertas de que la unidad esta mala o alguna salida fuera de tolerancia.	Añadir un sistema visual que alerte al usuario cuando la unidad presenta alguna desviación de los límites.

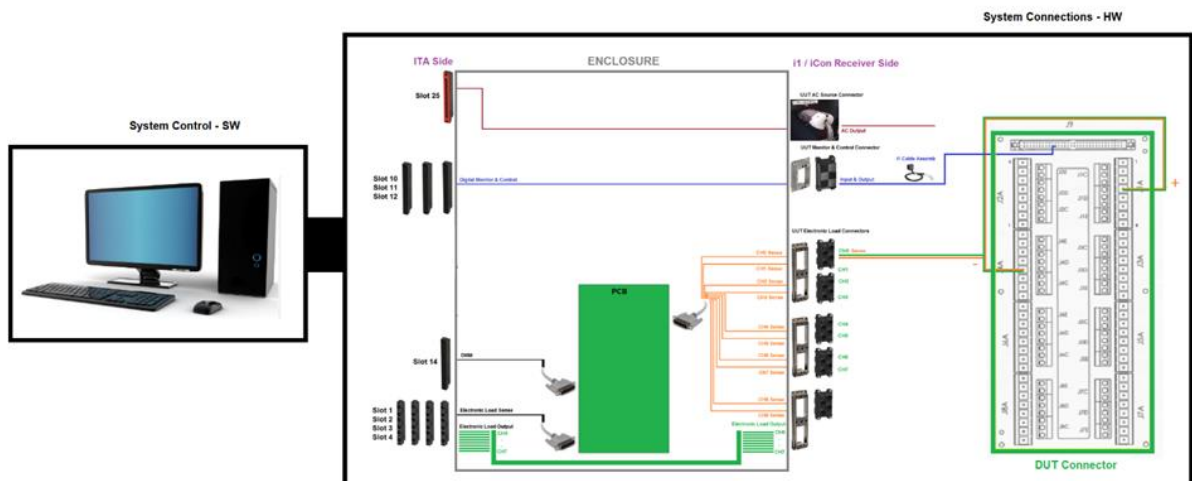
Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

4.4. PROPUESTA DE PROYECTO

En esta sección, se reúne una síntesis del enfoque de la solución al problema con la creación de un solo sistema integrado de hardware y software que permite el control automático de la prueba. La propuesta de proyecto a desarrollar busca que un solo sistema automático realice la medición para el monitoreo del voltaje de un ensamble final que realice la integración de todo un programa electrónico para la adquisición y almacenamiento de datos, que mediante un software notifique a los encargados cuando se detecta una desviación en el proceso y posibles fallas. En la Figura 25, se puede encontrar el diagrama de conexión final para las pruebas del ensamble final.

Figura 25

Diseño de la propuesta de proyecto



Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

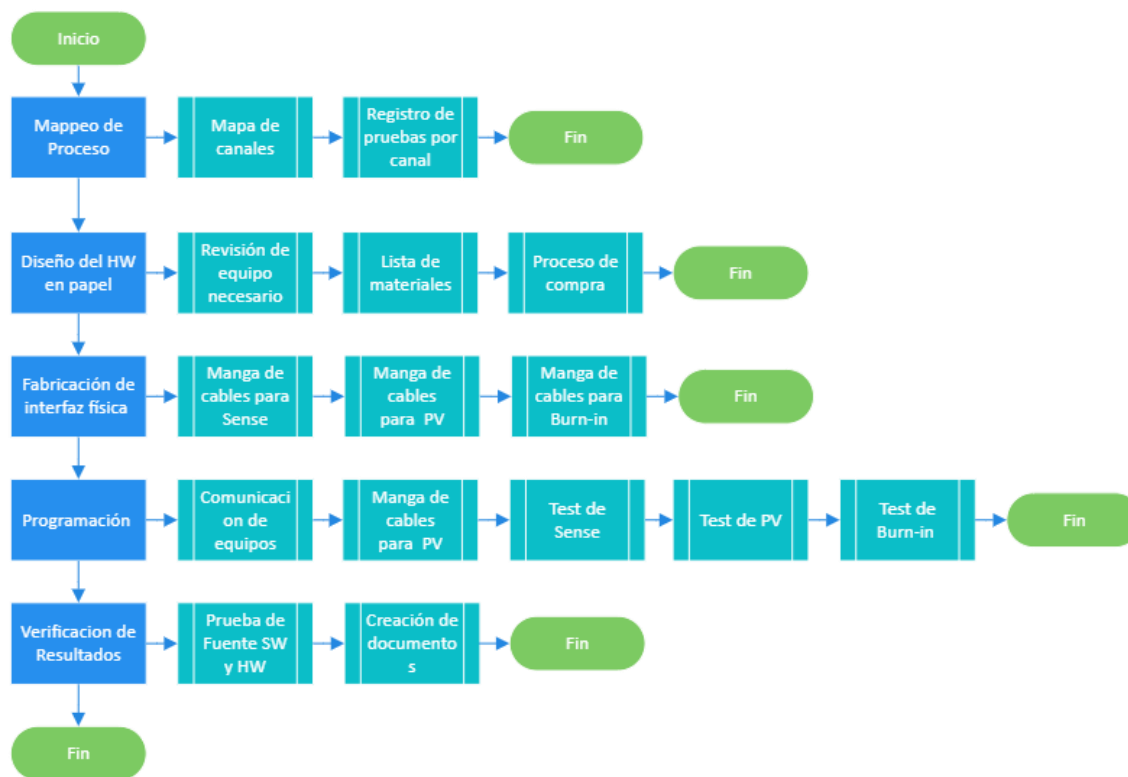
Las fases por desarrollar están delimitadas en los recuadros negros donde:

- A la derecha de la imagen se encuentra el hardware que es la creación de toda esa interfaz física que involucra como conectar el ‘enclouse’ (que posee el DMM, las cargas electrónicas, la fuente de alimentación y el sistema de control) con el conector final de la fuente (‘Filter Board’).
- Al lado izquierdo se ejemplifica con la imagen de la computadora la segunda etapa del proyecto que es el desarrollo del software en C# de un sistema automático de control, medición y registro de la información.

Finalmente, y de manera muy general, en la Figura 26 se muestra el diagrama de flujo de cómo será el proceso de producción del proyecto.

Figura 26

Diagrama de flujo de la propuesta a ejecutar



Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

CAPÍTULO V

DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO

5.1. ASPECTOS DE DISEÑO

En esta sección; se abordará el análisis de la situación detectada con el desarrollo del problema hasta lograr la automatización del proceso de medición manual para las fuentes de alimentación en su ensamble final; así como la selección de los dispositivos y los componentes apropiados para la implementación del proyecto. Todo este desarrollo tiene como objetivo esencial definir la viabilidad técnica del proyecto no solo para solucionar un problema sino para asegurar que la prueba será exitosa optimizando a su vez el proceso y la funcionalidad de las pruebas.

El primer paso consiste en la identificación de las señales de entrada y salida que tendrá el sistema, así como toda la interacción que debe tener la unidad bajo prueba con el entorno.

En la Tabla 10, se resume de manera general cuáles son las mismas.

Tabla 10

Definición general de entradas y salidas del sistema

Entradas	Salidas
Fuente de Alimentación	Voltajes en el área de censado y operación.
Fuente AC (AC Source)	El voltaje y la frecuencia de operación para el DUT
Multímetro (DMM)	Medición o lectura de los voltajes del DUT
Cargas electrónicas (e-load)	Corriente de operación para un 10% de capacidad
Señales de control a PC	Interfaz de usuario con los resultados obtenidos.

Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

A continuación, se procederá a ejecutar cada una de las etapas definidas en el capítulo 4 e ilustradas en la Figura 26 (sin limitar las actividades que pueda incluir cada fase), con el fin de lograr la integración total del sistema. Esto se llevará a cabo de manera dinámica, es decir, se implementará la solución y se introducirán pruebas que aún no se han realizado, lo que evaluará la capacidad de respuesta ante posibles adversidades en cualquier fase del desarrollo, así como la adaptabilidad tanto del proyecto como del proceso.

Estas etapas del proyecto definen desde la planeación con el mapeo de los canales de los números de parte más solicitados, el diseño del sistema y de la interfaz física que comunicara la fuente de alimentación, la creación de la interfaz gráfica de control y monitoreo amigable con el usuario hasta la implementación junto con verificación de resultados.

Finalmente; es importante enfatizar que se trabajará con los instrumentos y los modelos que indican los procedimientos establecidos de Teradyne para esta área de reparación; por lo que los parámetros de medición ya se encontraban previamente definidos y se limita a cumplir con los requerimientos de la empresa para el desarrollo del proyecto, sin embargo, en las siguientes secciones donde se detalle el desarrollo del sistema, se observará que la complejidad radica en lograr la integración de estas tecnologías en una monitorización remota y su control en tiempo real para obtener el resultado deseado.

5.2. PROTOTIPO

Como se ha mencionado en la introducción de este capítulo, el proyecto se desarrolla en etapas que promueven un control sobre la organización en tiempo y en actividades necesarias para obtener un satisfactorio resultado final. Por lo que, seguidamente se procede a describir las acciones realizadas.

5.2.1. Acercamiento con el problema

Los primeros pasos por desarrollar consisten en el entendimiento de las unidades que se van a probar con este nuevo sistema; mapear la cantidad de salidas y la forma de lograr la conexión para obtener la lectura y encontrar alguna relación entre las fuentes, para así realizar la lista de materiales por adquirir.

Para ello se utilizan los procedimientos establecidos que, en conjunto con los documentos de ensamble, se crea el registro de salidas asociando cada salida con la posición del módulo; para este registro se crea un documento en Excel que divide la cantidad de salidas por prueba a ejecutar de la siguiente manera:

- a. La Figura 27 muestra el mapeo de canales por salida de manera pura, es decir la salida o salidas que tiene cada módulo en la posición final que va ensamblada la fuente. Acá, además se observa como una fuente de diez salidas de voltaje se multiplica para finalmente tener más del doble de las salidas anidadas.

Figura 27

Mapeo de canales general para PN: 617-578-22

Power Instrument								
PN	Module	Parameters	Output	Pin Connector	Sense		Para	
					+	-		
617-578-22	MOD 1	-6V / 100A	V1	(+) J1-4 / J1-2 / J1-1 (-) J4-4 / J4-2 / J4-1	+	J9-19	J9-23	
		-5.2V / 50A	V2	(+) J5-4 / J5-2 / J3-4 (-) J8-4 / J8-2 / J6-4	+	J9-43		J9-47
	MOD 2	+9V / 83.33A	V1	(+) J4-8 / J4-7 / J4-5 (-) J1-8 / J1-7 / J1-5	+	J9-3	J9-5	
		-24V / 5A	V2	(+) J3-3 (-) J6-3	+	J9-39		J9-33
		+24V / 5A	V3	(+) J6-6 (-) J3-6	+	J9-35		
	MOD 3	+6V / 100A	V1	(+) J8-7 / J8-5 / J8-3 / J8-1 (-) J5-7 / J5-5 / J5-3 / J5-1	+	J9-13	J9-17	
		+15V / 10A	V2	(+) J4-6 (-) J1-6	+	J9-53		J9-49
		-18V / 7A	V3	(+) J1-3 (-) J4-3	+	J9-57		
	MOD 4	3.3V/120A	V1	(+) J6-8 / J6-5 / J6-2 / J6-1 (-) J3-8 / J3-5 / J3-2 / J3-1	+	J9-7	J9-11	
		5V/50A	V2	(+) J8-8 / J8-6 / J6-7 (-) J5-8 / J5-6 / J3-7	+	J9-25		J9-29
						-	J9-27	

Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

- b. Luego de tener el mapa de canales y conocer las bifurcaciones que tienen las salidas se desarrolla el mapa de canales para la prueba de PV que se encargara de verificar que en cada pin del conector de salida se encuentre el voltaje esperado. Es en la Figura 28 que se ejemplifica la distribución de canales, además la figura demuestra lo siguiente:

- Se realizará la prueba de los canales por grupos, la cantidad dependerá del número de parte de la fuente (para este caso con tres grupos de ocho salidas).

- Los grupos están conformados por las salidas del mismo conector, por ejemplo, se puede observar como el grupo 1 lo conforma el conector J1 y J4.
- Se distribuye el pin que lleva la conexión positiva y la negativa para facilidad de ensamble del cable.
- Se coloca por número de canal el voltaje esperado para facilitar la asociación con la prueba en los momentos de ejecución.

Figura 28

Mapeo de canales para prueba de PV (PN: 617-578-22)

Pin Map - SW									
Group	Symbol	PIN MAP POWER'S OUTPUT							
		TEST PERFORMANCE VERIFICATION - SOFTWARE							
1	Channel	-6V/100A		-18V/7A	+15V/10A	+9V/83.33A			
		CH0	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7
		+	J1-1	J1-2	J1-4	J1-3	J4-6	J4-5	J4-7
-	J4-1	J4-2	J4-4	J4-3	J1-6	J1-5	J1-7	J1-8	
2	Channel	CH0	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7
		3.3V/120A				-5.2V/50A	-24V/5A	+24V / 5A	5V/50A
		CH8	CH9	CH10	CH11	CH12	CH13	CH14	CH15
+	J6-1	J6-2	J6-5	J6-8	J3-4	J3-3	J6-6	J6-7	
-	J3-1	J3-2	J3-5	J3-8	J6-4	J6-3	J3-6	J3-7	
3	Channel	CH0	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7
		-5.2V/50A		6V/100A				5V/50A	
		CH16	CH17	CH18	CH19	CH20	CH21	CH22	CH23
+	J5-4	J5-2	J8-1	J8-3	J8-5	J8-7	J8-6	J8-8	
-	J8-4	J8-2	J5-1	J5-3	J5-5	J5-7	J5-6	J5-8	

Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

- c. La siguiente identificación de canales se realiza para la prueba de “Burn-in” la cual tiene por esencia probar todas las salidas de la fuente al mismo tiempo por un periodo definido por usuario. Entonces la Figura 29 referencia lo descrito con la selección de solamente un canal por salida para obtener finalmente diez salidas de voltaje; esta figura muestra la siguiente información:

- Se probará un grupo de salidas con capacidad de diez canales.
- El grupo tiene una mezcla de conectores debido a que las salidas se encuentran en diferentes secciones. Desde J1 hasta J8.
- Se distribuye el pin que lleva la conexión positiva y la negativa para facilidad de ensamble del cable.
- Se coloca por número de canal el voltaje esperado para facilitar la asociación con la prueba en los momentos de ejecución.
- Se coloca la corriente máxima de operación por salida para un 10% de capacidad de la fuente. Esta decisión se toma en base a la hoja de datos del conector que indica que la corriente máxima de operación de todo el conector es de 20 A.

Figura 29

Mapeo de canales para prueba de Burn-in (PN: 617-578-22)

PIN MAP POWER'S OUTPUT										
Symbol	TEST BURN IN - SOFTWARE									
	-6V/100A	-18V/7A	+15V/10A	+9V/83.33A	3.3V/120A	-24V/5A	+24V / 5A	-5.2V/50A	6V/100A	5V/50A
Channel	CH0	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7	CH8	CH9
+	J1-1	J1-3	J4-6	J4-8	J6-1	J3-3	J6-6	J5-2	J8-5	J8-8
-	J4-1	J4-3	J1-6	J1-8	J3-1	J6-3	J3-6	J8-2	J5-5	J5-8
Current	9	0.63	0.9	7.5	10.8	0.45	0.45	4.5	9	4.5
Connector	J1 & J4				J3 & J6			J5 & J8		

Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

d. Finalmente se hace la relación de canales para la prueba de “sense”; esta última relación es ejemplificada en la Figura 30 y muy similar a los otros dos mapeos, demuestra la siguiente información:

- Se probará un grupo de salidas con capacidad de diez canales.
- El grupo se hace solamente el conector J9 o J6 (según el número de parte).
- Se distribuye el pin que lleva la conexión positiva y la negativa para facilidad de ensamble del cable.
- Se coloca por número de canal el voltaje esperado para facilitar la asociación con la prueba en los momentos de ejecución. Para esta prueba en específico la medición negativa debe ser negativa y está orientada por el procedimiento en la distribución de pines y donde solamente se invierten las polaridades.

Figura 30

Mapeo de canales para prueba de Sense (PN: 617-578-22)

PIN MAP POWER'S OUTPUT										
TEST SENSE - SOFTWARE										
VOUT	9 V	3.3 V	6 V	-6 V	5 V	24 V	-24 V	-5.2 V	15 V	-18V
CHs	CH0	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7	CH8	CH9
+	J9-3	J9-7	J9-13	J9-19	J9-25	J9-35	J9-39	J9-43	J9-53	J9-57
-	J9-2	J9-9	J9-15	J9-21	J9-27	J9-37	J9-41	J9-45	J9-55	J9-59
Para	J9-5	J9-11	J9-17	J9-23	J9-29	J9-31	J9-33	J9-47	J9-49	J9-51

Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

Este mapeo de canales se realiza utilizando los seis números de parte definidos; como se describió previamente, se estableció la relación entre ellos para determinar la cantidad de

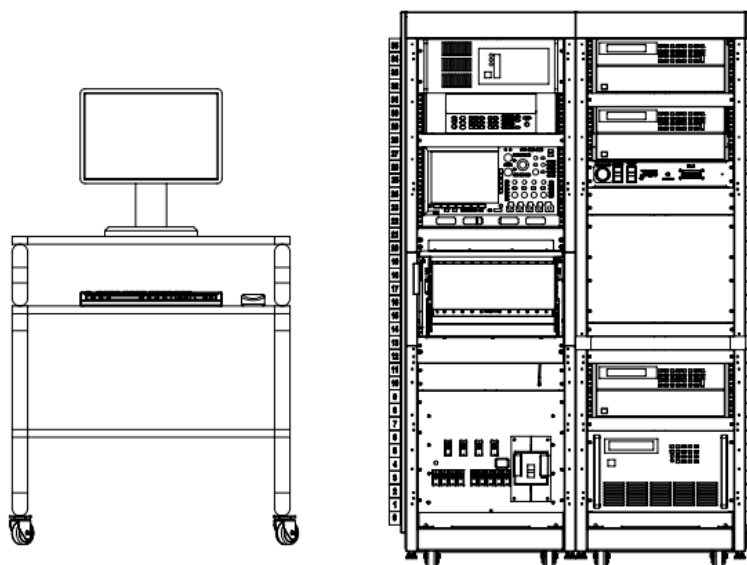
materiales necesarios para la construcción. En general, se identificaron tres grupos de fuentes de alimentación, lo que implica que se requerirán tres conjuntos de cables para los números de parte correspondientes, uno para cada prueba a ejecutar: PV, Sense y Burn-in.

5.2.2. Hardware

Con la finalización de la etapa de mapeo, se inicia la etapa de desarrollo del sistema con la compración y adquisición de materiales necesarios. El sistema debe poseer la fuente AC, las cargas electrónicas, el multímetro, la computadora y los conjuntos de cables necesarios para la comunicación del DUT con el sistema. Esta etapa da como resultado el primer acercamiento con el que sería el sistema; ya que, como uno de los requisitos iniciales por parte de la empresa, se solicita crear un sistema en base a otro ya existente solamente que la versión económica.

La Figura 31 ejemplifica la forma del sistema con los instrumentos descritos; físicamente dentro de este apartado se fueron realizando las conexiones internas para el establecimiento del sistema principalmente el añadido de las terminales de conexión al sistema con la cual se conectaría la fuente bajo prueba.

Figura 31
Propuesta del sistema en construcción

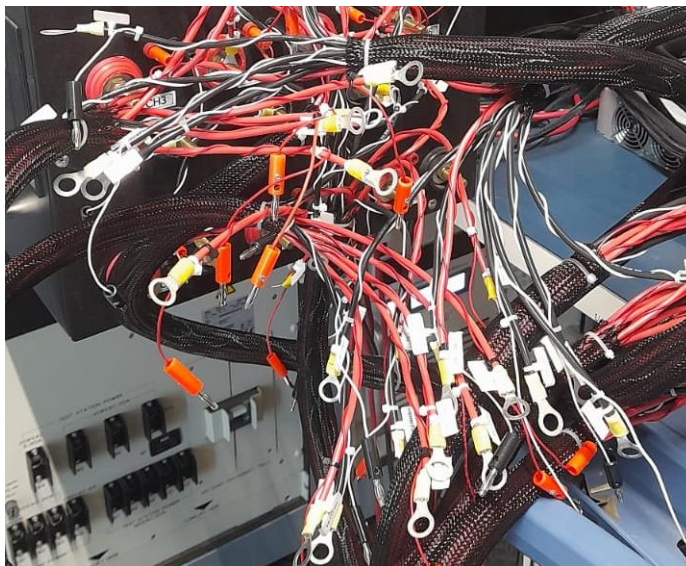


Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

Asimismo, se inicia la creación de los conjuntos de cables, para ello se colocó la unidad en el espacio designado para ello y se realiza un estimado de la distancia adecuada para la conexión considerando todas las posiciones que llevaría desde el punto más alejado hasta el más cercano al sistema. Esta interfaz se discute con el ingeniero responsable del proyecto, quien aprueba la forma de conexión y brinda las herramientas necesarias para la construcción de los cables.

Cada conjunto de cables se ensambla directamente al conector que ingresa a la fuente, los mismos poseen dos tipos de cable como puede ser observado en la Figura 32: uno con terminal de ojo de un calibre más grueso para soportar la corriente cuando sea necesario y el segundo cable de un calibre muy pequeño con terminal tipo banana, ya que es el encargado de realizar las mediciones sin carga.

Figura 32
Manga de cables con ambas terminales



Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

En relación con la corriente y el calibre del cable; durante el acercamiento con los números de parte y la selección del conector, se denota mediante la hoja de datos de este la cual puede ser consultada en la Figura 33, que la corriente máxima que puede soportar son 20 A. Como consecuencia se estima que las salidas por grupo no superen esa capacidad, operando al 10% de la capacidad del módulo, estas corrientes se incorporan en el archivo de mapa de canales como evidencia y en las recetas.

Figura 33*Características del conector según hoja de datos***PC 4/ 8-ST-7,62 - PCB connector**

1804962

<https://www.phoenixcontact.com/us/products/1804962>

Please be informed that the data shown in this PDF document is generated from our online catalog. Please find the complete data in the user documentation. Our general terms of use for downloads are valid.



PCB connector, nominal cross section: 4 mm², color: green, nominal current: 20 A, rated voltage (III/2): 630 V, contact surface: Sn, contact connection type: Socket, number of potentials: 8, number of rows: 1, number of positions: 8, number of connections: 8, product range: PC 4/...-ST, pitch: 7.62 mm, connection method: Screw connection with tension sleeve, screw head form: L Slotted, conductor/PCB connection direction: 0 °, locking clip: - Locking clip, plug-in system: COMBICON PC 4, locking: without, mounting method: without, type of packaging: packed in cardboard

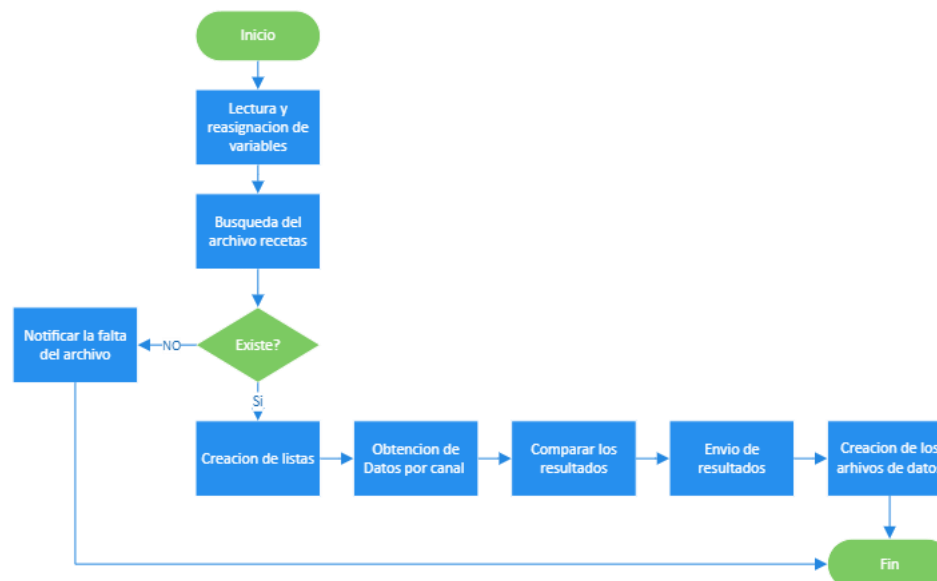
Fuente: (Phoenix Contact)

5.2.3. Software

En cuanto al desarrollo del software, el prototipo comienza con la creación de la estructura principal, lo que implica el diseño y la programación de los elementos esenciales, como los botones. Estos botones son programados para que, al ser presionados, generen resultados específicos, permitiendo familiarizarse con el código y su funcionamiento básico.

También se elaboran los primeros diagramas de flujo, los cuales son fundamentales para planificar y organizar la estructura lógica del código de cada clase de prueba. Estos diagramas ayudan a visualizar el flujo de información y las interacciones entre los diferentes componentes del programa, asegurando que cada clase cumpla con su propósito de manera eficiente y ordenada. Estos primeros diagramas se incorporan en la Figura 34.

Figura 34
Diagrama de flujo para crear una prueba



Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

Para avanzar en el desarrollo tanto de la forma como de la funcionalidad del programa principal, se procede a la programación de todo el prototipo sin integrar la comunicación con los instrumentos. Esto se debe a que dicha comunicación implicaba estar constantemente conectado al sistema, lo que no era viable por prioridades de producción.

En su lugar, el enfoque del prototipo se basó en programar las verificaciones de los campos, es decir, en asegurarse de que los datos estuvieran introducidos e implementar todas las acciones que debían ejecutarse de acuerdo con el flujo lógico previamente establecido. En este proceso, se elige construir todo el código utilizando funciones para hacerlo modular, ya que de esta forma se facilitaría la comprensión del programa, permitiría identificar fácilmente los posibles errores y además ayudaría a su mantenimiento a largo plazo.

Un ejemplo de lo anterior se incorpora en la Figura 35, donde se muestra la función encargada de la adquisición de datos, en lugar de interactuar con los instrumentos reales, se simula la obtención de valores. Esto se logra mediante el retorno de un valor fijo, lo que permite realizar pruebas y ajustes en la lógica del software sin la necesidad de tener los dispositivos conectados en esta etapa temprana del desarrollo.

Figura 35

Función para obtención de datos en el prototipo

```
// << Function: ReadDMMAsync >> This function will process each measure on the channel
2 references
public async Task<double> ReadDMMAsync(int channelNumber) // ELIMINAR, ES PRUEBA SIN EQUIPOS
{
    await Task.Delay(1000);
    return -5.201;
}
```

Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

A nivel de programación, el prototipo se utiliza para acuerpar y almacenar el código, pero el mismo sufrirá las modificaciones necesarias para cubrir los requerimientos y cumplir con la función establecida por lo cual. El funcionamiento final de la forma se detallará en la sección de implementación donde se describirá la estructura funcional y en operación.

5.3. DEPURACIÓN DE ERRORES Y RESULTADOS

Durante el proceso de desarrollo del prototipo y la implementación final del sistema automático, se presentaron una serie de desafíos significativos que requirieron reformular el proyecto y tomar decisiones estratégicas con los recursos disponibles, manteniendo el enfoque de cumplir los objetivos establecidos al inicio del proyecto y obviamente las expectativas de la empresa.

En relación con el hardware, se presentaron dos desafíos principales. El primero estuvo relacionado con la construcción del sistema y el segundo con los conjuntos de cables. El sistema que actualmente utilizaba el área de PBT debía ser modificado para convertirse en una versión "light" del sistema original. Para ello, el departamento había invertido en una nueva carga electrónica para mejorar el proceso; aumentando así la capacidad del sistema. Sin embargo, al verificar el equipo, se descubrió que no encendía y como resultado de temas de garantía, no era posible revisarlo ni repararlo localmente, ya que en su lugar debía ser enviado de vuelta al fabricante lo que provocaría un retraso de entre cuatro a seis meses.

Para superar este obstáculo, se optó por analizar el uso del sistema existente ya que se conocía que la producción estaba en baja debido a la obsolescencia de ciertos componentes y vencimiento de contratos de ciertos números de parte. Descrito en números significaba una reducción de un 75% de la capacidad de producción y hasta el riesgo de que el sistema fuera migrado de Costa Rica. Ante esta situación, las partes encargadas acuerdan que PBT utilice el sistema siempre que lo necesite, pero a disponibilidad limitada hasta luego de que se cumpliera con las últimas órdenes.

Este ajuste permitió continuar con el proyecto mientras se esperaba la resolución del problema con el hardware y se mantenía el avance hacia los objetivos planteados, pero a su vez también se limitaba el uso para pruebas de concepto en el ambiente real a tan solo cinco horas semanales.

Con base a los conjuntos de cables; al momento de realizar el mapeo se encontró que la configuración de los conectores era diferente según el tipo de prueba a correr, lo que significó que, en lugar de un solo conjunto de cables, existieran realmente tres, uno por prueba como se demuestra en la Figura 36 lo que significó construir más líneas de las previstas.

Al mismo tiempo que se demostró que no era necesaria la conexión de terminal de ojo debido que, ese tipo de conector era de un calibre más grande por el uso de las cargas electrónicas para enviar por ahí la corriente, esto provocó que las configuraciones para PV y para Sense solamente llevaran conexión banana que era la terminal conectada directamente al DMM, con ello se realizó más inversión de tiempo para terminar los cables.

Todas estas depuraciones permitieron que la conexión al momento de las pruebas fuese más simple para el usuario, generando además una reducción en el tiempo de pruebas del proceso sobre lo cual se mencionara en la implementación por ser el resultado final.

Figura 36

Conjunto de cables a elaborar por número de parte

Performance Verification				Burn-in				Sense				
617-578-22				617-578-22				617-578-22				
J2	8	1	CH2	J2	8	1	CH0	J9	3	CH0		
	7	2	CH1		7	2			2	CH0		
	6	3	CH16		6	3	CH1		7	CH1		
	5	4	CH0		5	4			9	CH1		
	4	5	CH8		4	5			13	CH2		
	3	6	CH15		3	6	CH2		15	CH2		
	2	7	CH7		2	7			19	CH3		
	1	8	CH6		1	8	CH3		21	CH3		
J4	CH6	8	1	CH0	J4	CH3	8		1	CH4	25	CH4
	CH7	7	2	CH1			7		2		27	CH4
	CH15	6	3	CH5		CH2	6		3	CH5	35	CH5
	CH8	5	4	CH4			5		4		37	CH5
	CH0	4	5	CH2			4		5		39	CH6
	CH16	3	6	CH6		CH1	3		6	CH6	41	CH6
	CH1	2	7	CH7			2		7		43	CH7
	CH2	1	8	CH3		CH0	1		8		45	CH7
J6	CH3	8	1	CH14	J6		8	1		53	CH8	
	CH7	7	2	CH4			7	2	CH7	55	CH8	
	CH6	6	3	CH13		CH6	6	3		57	CH9	
	CH2	5	4	CH3			5	4		59	CH9	
	CH4	4	5	CH12			4	5	CH8	61	Inhibit	
	CH5	3	6	CH22		CH5	3	6		64	Return	
	CH1	2	7	CH11			2	7				
	CH0	1	8	CH21		CH4	1	8	CH9			
J8	CH21	8	1		J8	CH9	8	1				
	CH11	7	2				7	2				
	CH22	6	3				6	3				
	CH12	5	4			CH8	5	4				
	CH3	4	5				4	5				
	CH13	3	6				3	6				
	CH4	2	7			CH7	2	7				
	CH14	1	8				1	8				

Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

En cuanto a las depuraciones necesarias en el software, se presentaron varias significativas respecto al prototipo y la idea inicial. El desarrollo del software no solo se centralizó en cumplir con los requisitos establecidos por los ingenieros responsables, sino que también en tomar en cuenta el criterio técnico para ofrecer una solución visual amigable y accesible para los usuarios finales. Esto llevó a la incorporación de una imagen que simulaba la base de los conectores, además se buscaba que esa imagen le alertara al técnico el estado del módulo en tiempo real si fallaba o pasaba.

Esta mejora estética y funcional requirió una considerable inversión de tiempo en programación e investigación, ya que, al ejecutar el programa, se detectó una interferencia entre los hilos de ejecución, lo que provocaba que la interfaz general se bloqueara. Para resolver el problema, se recurrió a métodos asincrónicos que garantizaran que ambos resultados pudieran ser procesados simultáneamente sin causar bloqueos (la ejecución line por line de la clase y la visualización en la clase principal). Además, fue necesario verificar el correcto llamado de las funciones preestablecidas dentro del programa, asegurando que se ejecutaran de manera eficiente y sin conflictos.

Otro desafío que surgió estuvo relacionado con los métodos para generar los datos. La idea original permitía a los usuarios elegir entre dos formatos diferentes, un archivo de texto o una hoja de cálculo. Actualmente el proceso le exige al técnico completar un archivo de Excel, es por ello por lo que se considera este formato como necesario, sin embargo, a nivel de programación se requerían dos enfoques distintos para procesar y separar los datos correctamente. Este factor aumentó la complejidad del software, ya que se tuvo que implementar un tratamiento específico para cada formato, asegurando que ambos se manejaran de manera adecuada sin generar errores en el procesamiento de la información y que el formato final fuera el mismo independiente del formato.

En relación con este tema de datos, se experimentaron además los siguientes inconvenientes: sobrescritura de los resultados, escritura en un mismo archivo si ya existía ya que estaba asignado a número de parte y serie como se muestra en la Figura 37 y errores de formato como que los datos no estuvieran tabulados como los de la Fuente: Elaboración propia

Figura 38. Todo ello fue corregido exitosamente y será mostrado el resultado final en la sección respectiva.

Figura 37

Escritura en un mismo archivo existente

```

Report_617-578-22_test1_2024-11-25 - Notepad
File Edit Format View Help
-----PBT PS Final Assembly Report-----
Instrument Information:

Test Type: Burn-in
Date: 11/25/2024 7:11:47 AM

Part Number: 617-578-22
Serial Number: test1
Repair Order: 12345678
-----
                        Data Result
-----
Channel  Measured    Expected    Low Limit    High Limit    Result
-----
Loop #1:
CH0      6.059 V          6.000 V      5.940 V      6.060 V      Passed
CH1      6.059 V          18.000 V     17.820 V     18.180 V     Failed
CH2      6.059 V          15.000 V     14.850 V     15.150 V     Failed
CH3      6.059 V           9.000 V      8.910 V      9.090 V      Failed
CH4      6.059 V           3.300 V      3.267 V      3.333 V      Failed
CH5      6.059 V          24.000 V     23.760 V     24.240 V     Failed
CH6      6.059 V          24.000 V     23.760 V     24.240 V     Failed
CH7      6.059 V           5.200 V      5.148 V      5.252 V      Failed
CH8      6.059 V           6.000 V      5.940 V      6.060 V      Passed
CH9      6.059 V           5.000 V      4.950 V      5.050 V      Failed
Loop completed - Result: Failed
-----
-----PBT PS Final Assembly Report-----
Instrument Information:

Test Type: Burn-in
Date: 11/25/2024 7:12:58 AM

Part Number: 617-578-22

```

Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

Figura 38*Datos no tabulados en los archivos de resultados*

1	-----PBT PS Final Assembly Report-----				
2	Instrument Information:				
3					
4	Test Type: Burn-in				
5	Date: 11/26/2024 6:57:46 AM				
6					
7	Part Number: 617-578-22				
8	Serial Number: 11ED871				
9	Repair Order: 3432178				
10	-----				
11	Data Result				
12	-----				
13	Channel	Measured	Expected	Low Limit	High Limit Result
14	-----				
15	Loop #1:				
16	CH0	5.976 V	6.000 V	5.940 V	6.060 V Passed
17	CH1	18.114 V	18.000 V	17.820 V	18.180 V Passed
18	CH2	15.096 V	15.000 V	14.850 V	15.150 V Passed
19	CH3	8.985 V	9.000 V	8.910 V	9.090 V Passed
20	CH4	3.274 V	3.300 V	3.267 V	3.333 V Passed
21	CH5	24.121 V	24.000 V	23.760 V	24.240 V Passed
22	CH6	24.056 V	24.000 V	23.760 V	24.240 V Passed
23	CH7	5.200 V	5.200 V	5.148 V	5.252 V Passed
24	CH8	6.019 V	6.000 V	5.940 V	6.060 V Passed
25	CH9	5.011 V	5.000 V	4.950 V	5.050 V Passed
26	Loop completed - Result: Passed				
27	-----				

Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

En cuanto a la programación de las clases, la que presentó el desafío más significativo fue la clase ‘Burn-in’, porque no se podía replicar el formato de las clases ya existentes, dado que requería la configuración de las cargas electrónicas, lo cual debía realizarse solo una vez al inicio de la prueba. Para abordar esto, se llevaron a cabo varias ejecuciones conceptuales moviendo el código dentro de las funciones hasta encontrar la solución adecuada. Finalmente, se determinó que la creación de los datos debía realizarse dentro de la misma función, y no en el programa principal como se había abordado en el prototipo, ya que los datos debían de generarse al finalizar cada ciclo de ejecución, y no hasta concluir el tiempo ingresado por el usuario.

También existió un desafío con el uso del nuevo sistema, puesto que no había compatibilidad entre los Visual Studio trabajados, como consecuencia se tuvo que crear un programa nuevo en la computadora del sistema e ir copiando las clases y estructuras una

por una e ir añadiendo cada modificación que se realizaba desde casa y llevando un registro claro de las acciones que se ejecutaban para no perder ningún hilo.

Finalmente, todos estos errores se corrigen y se consigue la implementación final del proyecto, la cual será definida en la siguiente sección.

5.4. IMPLEMENTACIÓN

Una vez que se validan y se corrigen todos los desafíos que se fueron presentando durante la ejecución del proyecto, se procede con la implementación final del sistema. Esta sección consiste en documentar la operación satisfactoria del diseño de la propuesta planteada que hace uso de toda una integración del hardware y del software descritos previamente en el ambiente real; este proceso comprende la instalación física del dispositivo (la fuente de alimentación), la interconexión de los componentes (cableado y los conectores necesarios) y la configuración final de los parámetros operativos (interfaz gráfica de usuario) con el fin de proporcionar una base sólida para futuras mejoras o ajustes.

5.4.1. Hardware final

Para cada una de las pruebas por ejecutar, se depuran las mangas de cables que llevan el conector que ingresa directamente a la fuente de alimentación con el otro extremo del terminal necesario que ingresa al sistema para ser medido. Es aquí, donde alineado con los mapas de canales se construyen un total de ocho configuraciones de cables para cumplir el objetivo de medir tres familias; un set de cables para Sense, otro para PV y el de Burn-in.

Tanto en la Figura 39 como en la Fuente: Elaboración propia

Figura 40 se puede observar el resultado final para estas pruebas de cables de Sense y PV, finalmente ellos contienen la conexión en terminal banana hacia el sistema (ya que es la

interfaz directa con el DMM) por canal y polaridad del conector; lo que permite que para el usuario sea más fácil y rápida su instalación reduciendo la conexión de estas pruebas de una hora (como en las fases iniciales), a tan solo 35 minutos.

Figura 39

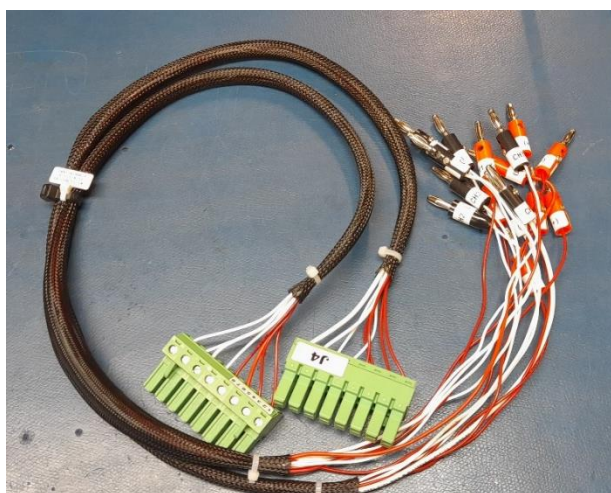
Cable final para la prueba de sense



Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

Figura 40

Cable final para un grupo de la prueba de PV



Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

5.4.2. Conexión al sistema

Los cables descritos en la sección 5.4.1 son utilizados para conectar la fuente con el sistema; en la Figura 41, Fuente: Elaboración propia

Figura 42 y Fuente: Elaboración propia

Figura 43 se ejemplifica como estos deben ser utilizados y conectados según la prueba a ejecutar; y contienen la misma esencia: localizar el cable adecuado, colocar el conector de la fuente a ella y utilizar el otro extremo para comunicar con el sistema a través del 'Fixture Box'.

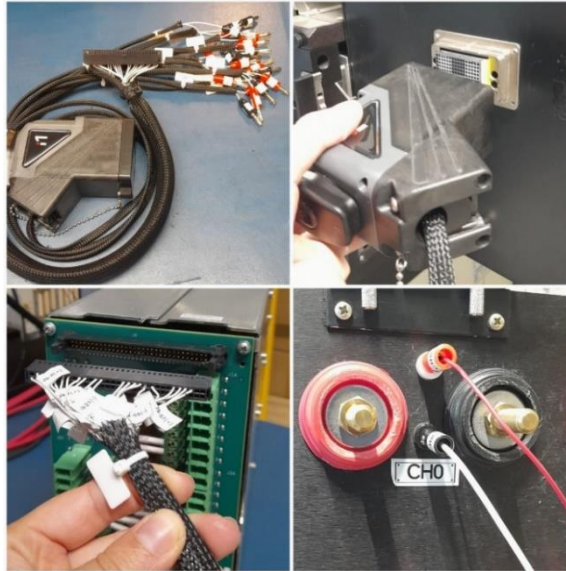
Las diferencias y como se ha explicado en las secciones previas, fueron definidas por el mapa de canales, ya que por ejemplo el conjunto para Sense contine la cabeza denominada como "I1" que es la encargada de enviar la señal de control para verificar que la misma se proteja ante cualquier evento; los cables de PV solamente son terminales más simples y para ejecutar el Burn-in, ya que entran en funcionamiento las cargas electrónicas para configurar la corriente de operación, el conjunto de cables es más robusto ya que continúe un cable con terminal de ojo para la carga y el terminal de banana para el multímetro, además que hay que realizar el paso de asegurar el cable por canal con una tuerca (Fuente: Elaboración propia

Figura 43).

Cabe mencionar que estas conexiones e imágenes son incluidas en los manuales de usuario que se crean como entregables para lograr orientar al usuario a realizar la conexión

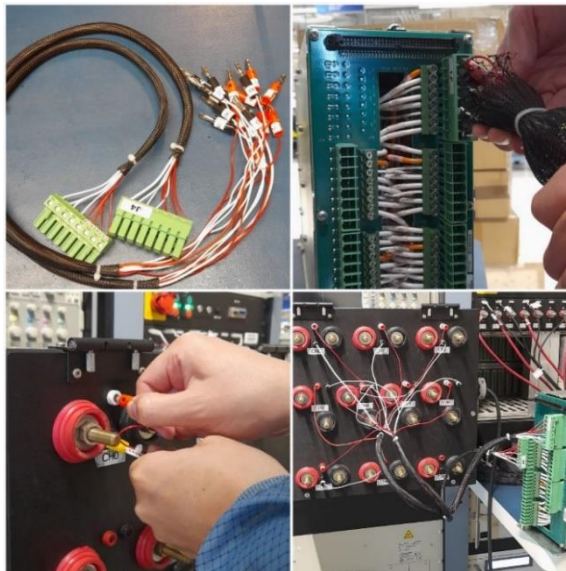
apropiada; además para brindar esa guía visual se incluyen en el software y el usuario es quien decide acceder a ellos sin interferir con la ejecución del programa (lo cual será detallado en la próxima sección del documento).

Figura 41
Conexión para las pruebas de Sense



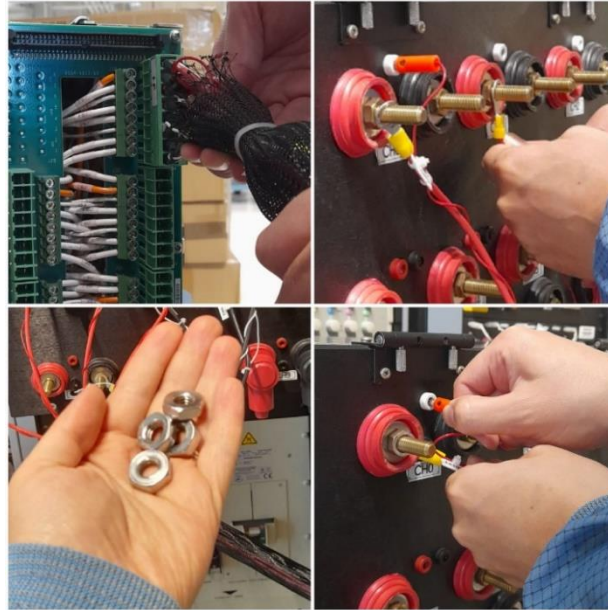
Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

Figura 42
Conexión para las pruebas de PV



Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

Figura 43
Conexión para las pruebas de PV



Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

5.4.3. Interfaz gráfica de usuario

Consecuentemente, la interfaz gráfica de usuario se logra adaptar de manera que su uso sea sencillo, eficiente y lo más claro posible para que el usuario se sienta cómodo y guiado en todo el proceso, tanto en la selección de las pruebas como en la visualización de los resultados y los sistemas de alertas que velen y aseguren que la manipulación de la fuente se puede hacer en los momentos indicados evitando así algún accidente.

El programa se construye con el diseño de tres estilos mediante la aplicación de Windows Forms de C Sharp (C#); en la Tabla 11 se describe el objetivo de cada una de ellas generalizando la función que el usuario puede realizar con el uso de cada una de ellas.

Tabla 11

Descripción de Windows Forms utilizadas en la GUI

Windows Forms	Función
#1 Forma Inicial	Posee dos botones, uno de ellos es el encargado de brindar el mensaje de inicio donde se le notifica al usuario que requisitos mínimos debe poseer para iniciar las pruebas, y el segundo botón cancela y cierra el programa.
#2 Programa Principal	Esta es la forma en la cual el usuario va a ingresar los datos de la fuente, seleccionar la prueba a ejecutar y el formato deseado para el registro de los resultados. Posee además dos estilos de visualización de la ejecución de las pruebas y cuatro botones con la función de iniciar, cancelar, reiniciar o guiar el programa.
#3 Forma de guía	Esta forma se encarga de guiar al usuario con las conexiones que debe realizar para ejecutar la prueba que seleccione o deba correr. Posee imágenes y videos que ejemplifican esa conexión.

Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

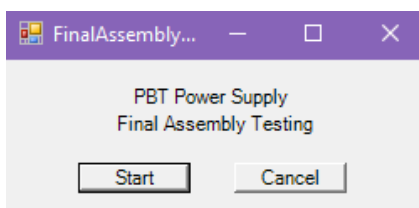
Con el fin de concretar estas funciones, a continuación, se procede a demostrar el uso de las tres formas para ejemplificar como cada una de ellas genera un ambiente intuitivo y amigable con el usuario; como efecto de las referencias y resultados recolectados en el cuestionario, la observación del día a día de como los técnicos ejecutaban las pruebas y el equilibrio de que el sistema automatizado les fuera útil, alcanzando uno de los objetivos más desafiantes como lo es la aceptación al cambio.

Para que el usuario inicie el programa, debe localizar la aplicación portable del programa y ejecutarlo (se crea un acceso directo en la PC). La primera forma que inicia se demuestra en la Figura 44 en donde se le da la opción al usuario de elegir con dos botones: uno para cancelar el programa, el cual envía un mensaje de información para que se recuerde el riesgo asociado en trabajar con alto voltaje y el botón de iniciar que muestra el mensaje de la Fuente: Elaboración propia

Figura 45, donde se indican los requisitos necesarios para iniciar las pruebas.

Figura 44

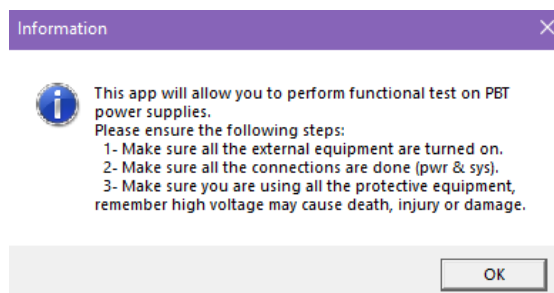
Forma inicial del programa



Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

Figura 45

Mensaje de información al iniciar el programa

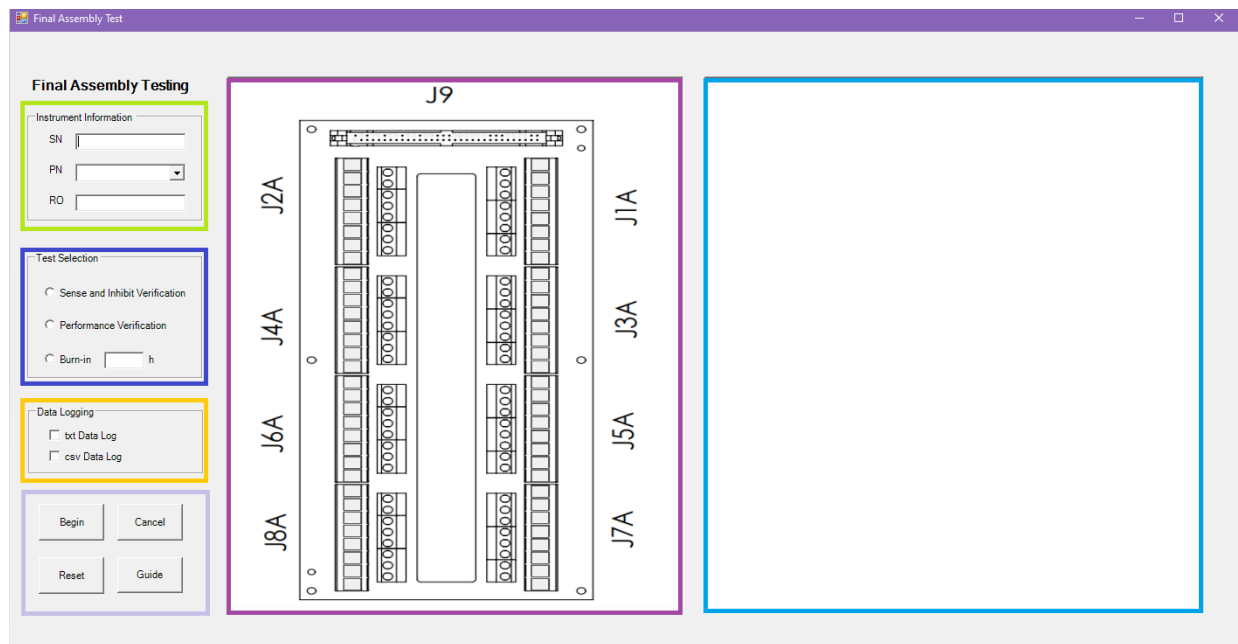


Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

Seguidamente al presionar ‘OK’ para dar por entendido que se leyó el mensaje y por ende los requisitos iniciales para operación y aparece inmediatamente la segunda forma; incluida en la Figura 46, que continúe la esencia del programa donde el usuario tiene la mayor parte de participación. Esta forma está construida por secciones que son separadas para una mejor comprensión en este documento por colores y especificados en la Fuente: Elaboración propia

Tabla 12.

Figura 46
Forma principal del programa



Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

Tabla 12
Secciones del programa principal por color

	Información del instrumento		Botones de control
	Selección de la prueba		PictureBox conector
	Formato del archivo		RichTextBox para datos

Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

Para utilizar esta forma el usuario debe completar la información solicitada de lo contrario el programa no permite la ejecución de la prueba; esta acción es resguardada con un mensaje de alerta y añadida con el fin de asegurar que la selección del usuario será salvada en archivos, porque en pruebas anteriores el usuario se preocupaba solamente por el ingreso de la información y la selección de la prueba, pero olvidaba seleccionar el tipo de formato para la salida de datos, y al final de la ejecución cuando se buscaba el archivo de resultados este no existía.

Esta verificación permite además que no se borre toda la información previa, sino que la recuerda y expone los espacios vacíos, mediante una comprobación de cada casilla y elemento de la forma con el uso de una función dentro del programa.

Una vez completados los datos, el usuario tiene a disposición cuatro botones para operar el programa y los detalles de las operaciones son las siguientes:

5.4.3.1. Botón ‘Begin’

Es el responsable de la ejecución de las pruebas una vez que es seleccionado. Dentro de este botón se encuentran las líneas de código que le dan cuerpo para iniciar el programa, las cuales pueden referenciarse en la Figura 47.

Figura 47
Código del botón Begin

```
private async void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    // Set Variables
    SN = SN_txtBox.Text;
    RO = RO_txtBox.Text;
    TimeBI = textBoxBI.Text;

    // Fuctions
    TextRichBox.Clear();
    ClearPictureBoxes();

    // Test Selection if the information requested is completed
    if (ReportDataSelected() & TestSelected() & TextBoxFilled())
    {
        var selectedTPNBase = comboBoxPN.SelectedItem as string; // PN selection according to one comboBox

        if (selectedTPNBase != null) // Allow the program to run if the user select a correct PN
        {
            string PN = selectedTPNBase; // Variable changing to use it on the program

            // Sense and Global Inhibit Verification Test
            if (Sense_radioButton.Checked)
            {
                // Show the correct pictureBox according to the test and the PN
                if (selectedTPNBase == "9001102800" || selectedTPNBase == "617-578-22" || selectedTPNBase == "617-578-02" || selectedTPNBase == "023-038-00")
                {
                    HidePictureBoxes2Pwr();
                }
                else
                {
                    HidePictureBoxes4Pwr();
                }

                // Enable Sense Test option
                Sense_radioButton.Enabled = true;

                // Block PV & Burn_in Tests options
                LabelHours.Enabled = false;
                textBoxBI.Enabled = false;
                BI_radioButton.Enabled = false;
                PV_radioButton.Enabled = false;

                // AC Source Set
                string address = " ";
                string resourceString = "GPIB::" + address + " ";
                IMessageBasedSession session = GlobalResourceManager.Open(resourceString) as IMessageBasedSession;

                // Notify the user the connection needed
                while (true) // Loop that continues until the user selects "Yes" or "No"
                {
                    string title = "Information - Sense and Global Inhibit Test";
                    string message = "Make the following connection:\n" +
                        "1 - Connect II cable to the Test Station and the other side to the Power Supply. \n" +
                        "2 - Connect AC Source cable to the Power Supply";
                    DialogResult answer = MessageBox.Show(message, title, MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Information);

                    DialogResult continueAnswer = MessageBox.Show("Can we continue?", "Information", MessageBoxButtons.YesNo, MessageBoxIcon.Information);
                    if (continueAnswer == DialogResult.Yes)
                    {
                        break; // Exit the loop if the user wants to continue
                    }
                }

                // Execute Sense Test - Class call
                List<string> resultsSense = await Task.Run(() => SenseTest.ProcessButtonClick(selectedTPNBase, SN, RO, session));
                //List<string> resultsSense = await SenseTest.SenseProcessButtonClick(selectedTPNBase, SN, RO); // Test without equipment

                // Make report files
                testType = "Sense and Global Inhibit Verification Test";
                FileGenerator(selectedTPNBase, testType, resultsSense);

                // Instruments turn off to safe state
                shutdown.ShutdownSystem();

                // Once test is completed
                EnableForm();
            }
        }
    }
}
```

Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

De manera general y respetando la confidencialidad con la empresa; se procede a explicar ciertas líneas de código sin entrar en detalle, además han sido eliminadas algunas líneas con

información privada como lo es la dirección y el tipo de comunicación realizada con el instrumento en el sistema.

La primera parte de la programación de este botón toma la información que el usuario ha ingresado sobre la unidad bajo prueba y la asigna dentro de variables para mover esa información entre las diferentes clases de manera más sencilla que estar digitando la forma de obtención de datos.

Luego, realiza una verificación para asignar el número de parte seleccionado, tanto para ejecutar la visualización correspondiente a la parte elegida y mostrar físicamente la fuente en reparación, como para extraer la información sobre los parámetros máximos establecidos en las recetas, de acuerdo con los procedimientos oficiales de Teradyne.

Seguidamente entra en función los casos 'If' y 'Else If' donde se verifica cual es el 'radio button' en selección (el nombre de la prueba a correr) y dentro de cada uno de ellos se deshabilita los elementos de la forma como por ejemplo los botones, 'radio button', 'checkbox' y 'text box' que no han sido seleccionados para controlar que el usuario en plena ejecución de una prueba no cambie los parámetros y cree conflictos con el hilo que se está ejecutando.

Se continua con establecer la comunicación con la fuente AC, luego avisar al usuario cual es la conexión física necesaria para la prueba y se espera la respuesta del usuario para continuar con la programación adecuada donde se hace el llamado a la clase enviando los parámetros necesarios. Estas clases son las encargadas de correr las líneas de código para interactuar con los archivos de receta, con la fuente AC y los instrumentos con el fin de obtener la medición de cada salida de voltaje de la unidad bajo pruebas para retornar los

resultados nuevamente al programa principal. Consecuentemente los resultados son enviados a otra clase que se encarga de generar los archivos de texto o en Excel con el encabezado predeterminado.

Luego, dentro de cada caso se apaga de manera segura los equipos y la fuente bajo prueba para habilitar nuevamente la forma para su uso.

Para finalizar esta explicación general de lo continúe el botón de ‘Begin’, cabe mencionar que este flujo se repite por cada prueba (Sense, PV y Burn-in) siempre velando por la seguridad del usuario.

5.4.3.2. Botón ‘Cancel’

Es el responsable de contener las acciones para detener la ejecución del programa. La Figura 48 muestra las líneas de código donde se inicializa la forma y cierra de manera segura la comunicación de los instrumentos y para terminar cerrando la forma actual y llamando a la primera.

Figura 48*Código del botón Cancel*

```

// << Cancel Button >> This code will cancel the operation of the program and will return to the initial form.
1 reference
private void Cancel_Click(object sender, EventArgs e)
{
    MainFormReset();
    //MessageBox.Show("Turn off equipment");
    shutdown.ShutdownSystem(); // Take app to safe state
    this.Close();

    SW_Initial form1 = new SW_Initial();
    form1.Show();
}

```

Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

5.4.3.3. Botón ‘Reset’

La función principal es la de reiniciar la forma en uso. La Figura 49, referencia como se le consulta al usuario si está seguro de que desea reiniciar la forma ya que eso significa la pérdida de la información digitada; si la respuesta es afirmativa entonces ingresa a la función que regresa todos los objetos su configuración inicial.

Figura 49*Código del botón Reset*

```

// << Reset Button >> The code will return all fields to their initial values and will also clear the form.
1 reference
private void Reset_Click_1(object sender, EventArgs e)
{
    DialogResult confirmResult = MessageBox.Show("Are you sure you want to reset the test? All results will be lost.",
        "Confirm Reset", MessageBoxButtons.YesNo, MessageBoxIcon.Warning);

    if (confirmResult == DialogResult.Yes)
    {
        MainFormReset();
    }
}

```

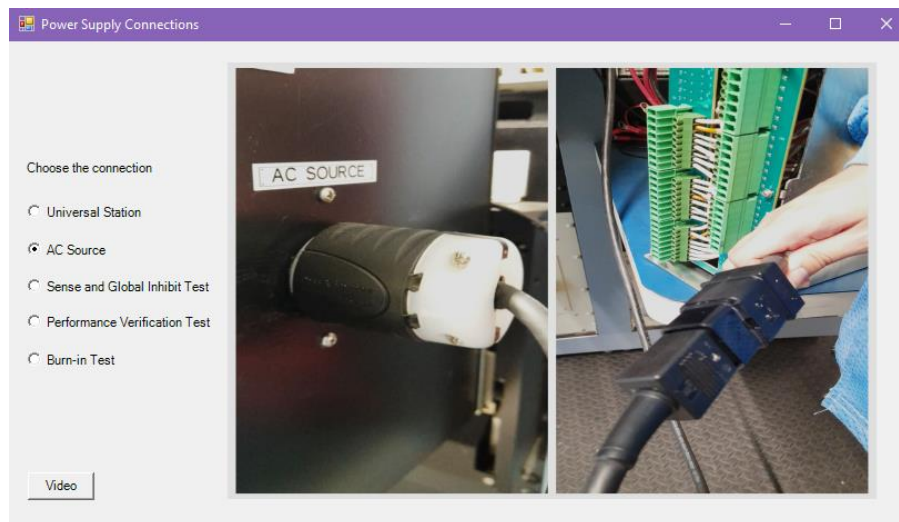
Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

5.4.3.4. Botón ‘Guide’

Este botón tiene como función principal brindar una guía adicional al procedimiento, con imágenes y videos de como son las conexiones que deben realizar según la prueba seleccionada. Al presionar este botón el código programado simplemente hace un llamado a abrir una nueva forma de Windows, en la cual están las líneas que crean lo que la forma es y la interacción que el usuario va a tener con ella.

Esta nueva forma se ejemplifica en la Figura 50, donde el elemento selector es también ‘radio buttons’ que están programados para que a cada clic de selección se cambie la imagen. Si el usuario presiona el botón de Video, el video de los pasos que deben llevarse a cabo para esa prueba aparecerá. Cabe mencionar que esta forma puede ser utilizada en cualquier momento sin afectar el hilo principal.

Figura 50
Forma guía del programa



Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

Para finalizar la explicación de cada elemento de la forma principal; luego de que el usuario ingresa la información y decide que botón presionar se muestran los resultados mediante dos formas: con el uso de 'PictureBox' se simula de manera gráfica el 'Filter Board' para que al usuario le sea fácil identificar que canal pasa o falla. Esto se realiza con la asignación de un 'PictureBox' por cada pin de conector, el color verde indicara que el canal paso y si se muestra de color rojo la indicación es que el canal esta fuera de los límites y por ende que fallo la prueba.

A nivel de programación esto está definido en la forma principal con el uso de una función que se encarga de actualizar dinámicamente los resultados de la ejecución de las clases o 'checkers' según el número de parte seleccionado y la asignación de controladores por cada canal y prueba a ejecutar con un 'switch'; los cuales indicaran el cambio de color verificando si el canal ya fue leído y su estado cambiado o no para realizar la asignación del color. Esta definición esta daba por un diccionario que contiene el nombre de cada pin y designa que si para el canal, cree una nueva lista con los elementos designados. Todo lo detallado previamente hace referencia a lo que se ejemplifica en la Figura 51.

Figura 51
Código para actualizar 'pictureboxes'

```
// << Function: UpdatePictureBoxResult>> This function is used to set the picture boxes according to the result when the test is executing
4 references
private void UpdatePictureBoxResults(int channel, string result)
{
    if (InvokeRequired) // This action allow running the picture box changing while any test is running
    {
        this.BeginInvoke(new Action<int, string>(UpdatePictureBoxResults), channel, result);
        return;
    }

    Dictionary<int, List<PictureBox>> pictureBoxMap = new Dictionary<int, List<PictureBox>>();
    string selectedItem = comboBoxPN.SelectedItem as string; // Picture Box will be selected according the PN.

    switch (true)
    {
        case bool _ when Sense_radioButton.Checked:
            if (selectedItem == "9001102800" || selectedItem == "617-578-22" || selectedItem == "617-578-02" || selectedItem == "023-038-00")
            {
                pictureBoxMap = new Dictionary<int, List<PictureBox>> // new list for the picture boxes
                {
                    // Simulate channels connections (pos & neg) thru the connector.
                    {0, new List<PictureBox> {J9_2, J9_3}}, // CH0 ....
                    {1, new List<PictureBox> {J9_9, J9_7}},
                    {2, new List<PictureBox> {J9_13, J9_15}},
                    {3, new List<PictureBox> {J9_19, J9_21}},
                    {4, new List<PictureBox> {J9_25, J9_27}},
                    {5, new List<PictureBox> {J9_35, J9_37_1}},
                    {6, new List<PictureBox> {J9_39, J9_41}},
                    {7, new List<PictureBox> {J9_43, J9_45}},
                    {8, new List<PictureBox> {J9_53, J9_55}},
                    {9, new List<PictureBox> {J9_57, J9_59}},
                };
            }
    }
}
```

Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

Sin embargo, como lo demuestra la misma figura, la primera parte de la función se trabaja en base de asegurar que la actualización de la interfaz de usuario se realice de manera segura sin bloquear hilos en ejecución distintos con el uso de la función 'Invoke', ya el programa ira corriendo el canal y obteniendo la medición del multímetro dentro de cada clase, así que se debe tener bajo control para evitar errores de concurrencia.

El segundo método de visualización de datos se realiza con el uso de un 'RichTextBox', en donde se muestran los resultados textuales que indican lo siguiente: el canal, el valor medido, el valor esperado, el límite bajo, el límite alto y el resultado final (si paso o fallo).

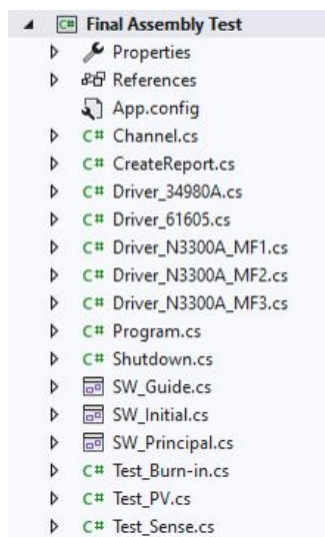
Cada actualización de estos datos se realiza dentro de cada clase que se esté ejecutando en ese momento; para ello existe una función creada específicamente que le brinda el formato

de los dígitos, los espacios y además una actualización de colores para indicar con verde que el canal paso y rojo si fallo (esto de manera muy estándar como con los PictureBox) según los resultados enviados desde la función que se encarga de tomar y procesar los datos. También se incorpora la verificación con 'Invoke' para evitar conflictos entre hilos en ejecución.

A nivel de la 'GUI' todo lo descrito anteriormente construye lo que es la forma principal, sin embargo, a nivel de programación ella se forma con los elementos que se muestran en la Figura 52, donde se encuentran las clases, los drivers y el acceso al código de cada forma.

Figura 52

Constitución del programa principal



Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

Para concluir esta sección sobre las características clave de la programación realizada, se procede a describir, sin entrar en detalles, el método de adquisición de los datos en una de las clases, lo cual se enlista en la

Tabla 13.

Tabla 13
Construcción de las clases de prueba

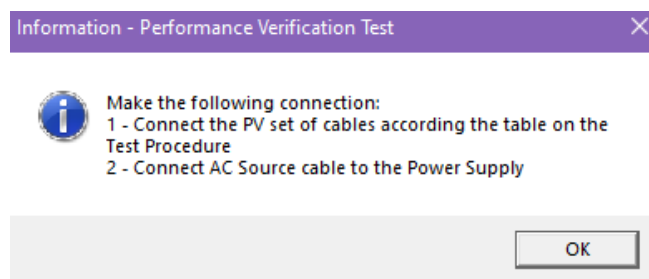
Función	Descripción
ProcessButtonClick	Es la encargada de tomar la información enviada desde la forma principal al presionar botón de 'Begin' para iniciar el llamado a funciones que realizan la medición para regresar la lista de resultados.
ReadRecipes	Es la responsable de buscar el archivo de recetas que contiene los parámetros máximos para procesar cada canal en el programa.
ProcessLine	<p>Esta función leerá y procesará cada línea del archivo de receta, extrayendo el PN, la familia y la fase, y los escribirá en la lista especificada. Además de ir extrayendo el número del canal con la definición de: Ck=1 (el canal que será medido), V1 = valor esperado de voltaje y A1 = valor máximo de corriente.</p> <p>Acá se hace uso de una expresión muy interesante que se forma de lo siguiente: Trim (elimina cualquier espacio en blanco al principio o al final de esa cadena) + [x] (el número establecerá la columna en el archivo) + out int (establecerá el valor en la variable asignada, si no hay ningún valor, devolverá 0) y se limita también la cantidad de canales por probar según el grupo asignado.</p>
CompareWithDMMAsync	<p>Esta función es un conjunto de otras funciones y su objetivo principal es la de organizar la forma de obtención de datos finales, ya que inicia con el llamado a la lectura del DMM, luego de envía esa medida a comparar entre límites para finalmente crear la lista de resultados y enviarla al 'RichTextBox', y a la forma principal.</p> <p>También dentro de esta función se realiza la verificación de conexiones, y se alerta al usuario cuando un grupo termino y va a</p>

iniciar uno nuevo.

ReadDMMAsync	Es la encargada de iniciar la comunicación con los instrumentos a través del llamado con los drivers y retornar el resultado de la medición. Se establece un 'For' que hará el recorrido de activar la fuente AC y abrir la matriz de reles del DMM establecida para obtener la medición y finalmente convertir ese valor obtenido como string a double para su procesamiento.
CompareChannel	Esta función es la responsable de tomar el valor medido y compararlo con los límites para retornar si la medición pasa o falla la prueba.
UpdateOutputTextBox	Es la responsable de tomar los resultados e irlos mostrando de manera inmediata y dinámica el RichTextBox.
FormatVoltage	Esta función define a cada valor medido el formato para mostrar el resultado, el mismo que sea de 10 caracteres de longitud como máximo y tres decimales.
SaveDevicesToFile	Este método muestra como el archivo de recetas fue leído y es procesado por el programa; es solamente para verificación interna.

Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

Dentro de cada función descrita, en caso de ser necesario, se complementa el código del programa con mensajes de información y alerta al usuario; en la Figura 53 se puede observar un ejemplo de un mensaje que se utiliza para informar al usuario la conexión que hacer para la prueba de PV, y en Tabla 14 se enlistan los mensajes principales con la razón de ser de cada uno de ellos.

Figura 53*Mensaje de información al iniciar la prueba*

Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

Tabla 14*Mensajes de información de la GUI*

Mensaje	Objetivo	Opciones al usuario
The group was tested! Please disconnect all cables Would you like to continue?	Informar al usuario que el grupo ya fue probado y que desconecte los cables para continuar, en este momento es seguro manipular la fuente ya que ella se envía a apagar.	‘Yes’: muestra el siguiente mensaje. ‘No’: informa al usuario que la prueba será abortada y que los resultados que se registran son los obtenidos hasta ese momento.
Connect next group of cables	Le informa al usuario que busque y conecte el siguiente grupo de cables.	No se espera respuesta.
Can we continue?	Espera que el usuario esté listo para continuar.	Yes: inicia la prueba de un nuevo grupo. No: Queda esperando que todo esté listo para continuar.

Are the cables connected correctly?	Alerta al usuario que hubo un fallo con el objetivo de que la conexión realizada, para que tenga la oportunidad de saber si el fallo es por una conexión incorrecta o porque realmente el canal esta fuera de rango.	‘Yes’: continua la prueba con la comprensión de que algo está malo o fuera de rangos. ‘No’: informa al usuario que la prueba será abortada por una mala conexión y eso mismo registra en el archivo de resultados.
-------------------------------------	--	---

Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

Finalmente, con la integración de todo el código se creó una herramienta grafica útil para el usuario, en ella encuentran una la guía y orientación en todo momento con el fin de alcanzar el uso intuitivo y seguro.

5.4.4. Resultados y registro de datos

A continuación, se presenta la Figura 54 que ilustra el uso real de la aplicación en un entorno operativo para ejecutar la prueba de ‘Sense’. En esta figura se puede observar cómo los usuarios interactúan con la interfaz y cómo las distintas funciones se implementan de manera práctica para cumplir con lo descrito en las secciones previas; como por ejemplo el uso de los ‘PictureBox’ en el conector J9 y el ‘RichTextBox’ para tener el resultado en prosa con los colores adecuados para indicar que el canal paso entre los límites establecidos.

Figura 54
Uso real de GUI para la prueba de 'Sense'

Final Assembly Test

PS Testing: 617-578-22 SN: 11ED871 RO:3432178

Final Assembly Testing

Instrument Information

SN [11ED871]

PN [617-578-22]

RO [3432178]

Test Selection

Sense and Inhibit Verification

Performance Verification

Burn-in [] h

Data Logging

txt Data Log

csv Data Log

Begin Cancel

Reset Guide

J9

J2A J1A

J4A J3A

J6A J5A

J8A J7A

Sense and Global Inhibit Results

Running Sense Verification

Channel	Measured	Expected	Low Limit	High Limit	Result
CH0	8.992 V	9.000 V	8.910 V	9.090 V	Passed
CH1	3.303 V	3.300 V	3.267 V	3.333 V	Passed
CH2	5.988 V	6.000 V	5.940 V	6.060 V	Passed
CH3	-6.008 V	-6.000 V	-6.060 V	-5.940 V	Passed
CH4	5.009 V	5.000 V	4.950 V	5.050 V	Passed
CH5	24.940 V	24.000 V	23.760 V	24.240 V	Passed
CH6	-24.056 V	-24.000 V	-24.240 V	-23.760 V	Passed
CH7	-5.202 V	-5.200 V	-5.252 V	-5.148 V	Passed
CH8	15.041 V	15.000 V	14.850 V	15.150 V	Passed
CH9	-18.025 V	-18.000 V	-18.180 V	-17.820 V	Passed

Test completed

Wait for Global Inhibit Verification Test...

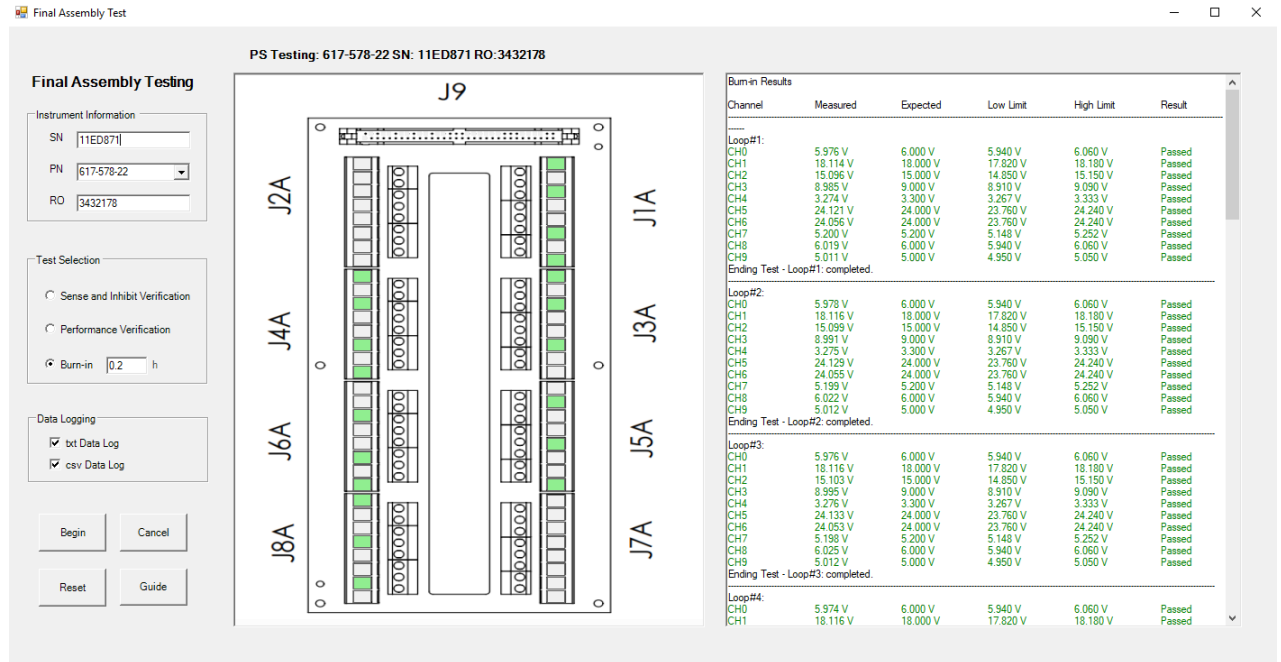
Channel	Measured	Expected	Low Limit	High Limit	Result
CH0	0.007 V	0.001 V	-0.010 V	0.010 V	Passed
CH1	0.004 V	0.001 V	-0.010 V	0.010 V	Passed
CH2	0.007 V	0.001 V	-0.010 V	0.010 V	Passed
CH3	-0.007 V	0.001 V	-0.010 V	0.010 V	Passed
CH4	0.000 V	0.001 V	-0.010 V	0.010 V	Passed
CH5	0.004 V	0.001 V	-0.010 V	0.010 V	Passed
CH6	-0.004 V	0.001 V	-0.010 V	0.010 V	Passed
CH7	0.000 V	0.001 V	-0.010 V	0.010 V	Passed
CH8	0.001 V	0.001 V	-0.010 V	0.010 V	Passed
CH9	-0.001 V	0.001 V	-0.010 V	0.010 V	Passed

Test completed

Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

Por otro lado, la Figura 55 muestra el uso de la interfaz para la prueba de 'Burn-in', donde se observa el cambio de color en los conectores del J1 al J8 y los resultados por ciclo ejecutado.

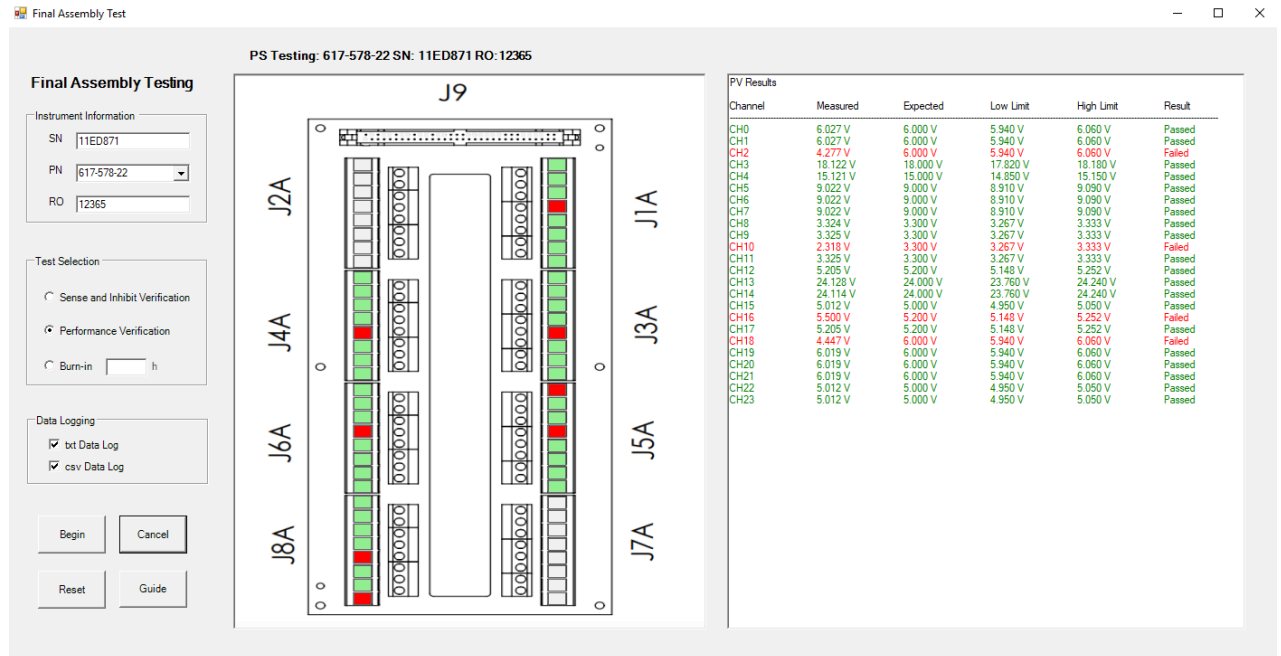
Figura 55
Uso real de GUI para la prueba de 'Burn-in'



Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

Las imágenes previas exhibieron un comportamiento exitoso donde todos los canales pasaron ambas pruebas, sin embargo, existen momentos en los que la prueba va a fallar ya sea como resultado de un mal ensamblaje, un falso contacto entre el cable y modulo o simplemente porque el ajuste de la salida del módulo no fue lo suficientemente preciso para pasar los límites y requiere calibración, entonces la Figura 56 ejemplifica como se visualiza esta condición.

Figura 56
Uso real de GUI para la prueba de 'PV'



Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

Ahora bien, aunque las imágenes anteriores proporcionan una representación visual de los resultados, lo crucial para brindar la solución al problema inicial son los datos generados y almacenados de manera automática e inmediata, como ha sido mencionado el usuario tiene la oportunidad de seleccionar el tipo de formato de salida de su archivo, el cual está delimitado a un archivo de texto o una hoja de cálculo.

Estos datos, que son fundamentales para el análisis posterior, y se ejemplifican claramente en la Figura 57 y Figura 58, donde se muestra la información recopilada durante el proceso para los dos tipos de formato de archivos salientes, en este caso para la prueba de 'Burn-in'.

Figura 57

Archivo de texto de la prueba 'Burn-in'

*Report_617-578-22_11ED871_20241126_065726 - Notepad

File Edit Format View Help

-----PBT PS Final Assembly Report-----

Instrument Information:

Test Type: Burn-in
Date: 11/26/2024 6:57:46 AM

Part Number: 617-578-22
Serial Number: 11ED871
Repair Order: 3432178

Data Result

Channel	Measured	Expected	Low Limit	High Limit	Result
Loop #1:					
CH0	5.976 V	6.000 V	5.940 V	6.060 V	Passed
CH1	18.114 V	18.000 V	17.820 V	18.180 V	Passed
CH2	15.096 V	15.000 V	14.850 V	15.150 V	Passed
CH3	8.985 V	9.000 V	8.910 V	9.090 V	Passed
CH4	3.274 V	3.300 V	3.267 V	3.333 V	Passed
CH5	24.121 V	24.000 V	23.760 V	24.240 V	Passed
CH6	24.056 V	24.000 V	23.760 V	24.240 V	Passed
CH7	5.200 V	5.200 V	5.148 V	5.252 V	Passed
CH8	6.019 V	6.000 V	5.940 V	6.060 V	Passed
CH9	5.011 V	5.000 V	4.950 V	5.050 V	Passed
Loop completed - Result: Passed					

Loop #2:					
CH0	5.978 V	6.000 V	5.940 V	6.060 V	Passed
CH1	18.116 V	18.000 V	17.820 V	18.180 V	Passed
CH2	15.099 V	15.000 V	14.850 V	15.150 V	Passed
CH3	8.991 V	9.000 V	8.910 V	9.090 V	Passed
CH4	3.275 V	3.300 V	3.267 V	3.333 V	Passed
CH5	24.129 V	24.000 V	23.760 V	24.240 V	Passed
CH6	24.055 V	24.000 V	23.760 V	24.240 V	Passed
CH7	5.199 V	5.200 V	5.148 V	5.252 V	Passed
CH8	6.022 V	6.000 V	5.940 V	6.060 V	Passed
CH9	5.012 V	5.000 V	4.950 V	5.050 V	Passed
Loop completed - Result: Passed					

Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

5.5. ANÁLISIS COSTOS

Esta sección del documento está dedicada a realizar un análisis de los costos involucrados en la implementación del proyecto con el objetivo de establecer su viabilidad operativa y financiera. El análisis detallado de estos componentes no solo proporciona una visión clara de los recursos necesarios, sino que permite a futuro la toma de decisiones para optimizar los resultados. En primer lugar, se abordará la viabilidad operativa donde se describen las operaciones para llevar a cabo el proyecto, luego una viabilidad técnica referente a las herramientas tecnológicas necesarios y finalmente el análisis financiero de todos los costos asociados.

Desde el punto de vista operativo; donde se contemplan todas las actividades necesarias para llevar a cabo la implementación del proyecto se consideran las etapas de diseño y planificación de cada fase del proyecto para la monetización de estas, la cual inicia en la creación de la parte física del proyecto con el acercamiento al problema, la investigación del proceso actual y el mapeo de canales de cada número de parte junto con el diseño del sistema y la recolección de los componentes necesarios para generar las órdenes de compra; luego la creación de la interfaz de usuario desde las primeras concepciones hasta la corrección de errores y modificaciones finales que se debieron implementar, seguido de la implementación del sistema con los soportes de los técnicos y los ingenieros. Los resultados de esta primera sección se describen en la Tabla 15.

Tabla 15
Análisis de viabilidad operativa

Operación	Personas	Costo por hora	Total de horas	Total
Construcción del cableado	1.5	€ 1,750	45	€ 118,125
Programación de GUI	1	€ 3,000	165	€ 495,000
Soporte de técnicos	2	€ 2,300	6	€ 27,600
Soporte de ingeniería	2	€ 4,000	20	€ 160,000
Adaptabilidad del sistema	1	€ 3,000	30	€ 90,000
Acercamiento con el problema	1	€ 3,000	16	€ 48,000
Total				€ 938,725

Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

El análisis de viabilidad técnica se centra exclusivamente en la evaluación de los instrumentos y herramientas mínimas necesarias para la implementación de la propuesta; es importante recalcar que, dado que el proyecto se presenta como una mejora sobre un proceso existente, los instrumentos de medición y los recursos fundamentales ya estaban disponibles. Esto implica que no se han generado gastos adicionales en cuanto a la adquisición de nuevos instrumentos sin embargo se enlistan los equipos necesarios en caso de referencias futuras en la Tabla 16.

Tabla 16
Análisis de viabilidad técnica

Instrumento	Cantidad
PC	1
Monitor, teclado y mouse	1 (c/u)
Multímetro	1
Cargas electrónicas	3 (mínimo - dependiendo de la capacidad)
Fuente de alimentación del sistema	1

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente en la Tabla 17, se encuentran los componentes necesarios para la construcción de los conjuntos de cables para la conexión física entre la fuente y el sistema.

Tabla 17
Costo de materiales requeridos

Material Requerido	Cantidad	Precio	Total
conn rcpt hsg 64pos 2.54mm	3	\$ 9.34	\$ 28.02
conn banana plg solderless 2pc	20	\$ 5.32	\$ 106.38
expand sleeving 3/4" x 250' blk	1	\$ 85.18	\$ 85.18
conn socket 22-26awg crimp gold	128	\$ 0.46	\$ 58.66
conn plg hsg female 28pos inline	2	\$ 11.74	\$ 23.48
conn bcksh w/clmp sz17 15/16-20	2	\$ 10.38	\$ 20.76
conn ring circ 8awg #3/8 crimp	35	\$ 2.81	\$ 98.35
conn socket 24-28awg gold crimp	100	\$ 0.23	\$ 23.00
conn rcpt hsg 14pos 10.00mm	4	\$ 9.41	\$ 37.64
hook-up strnd 8awg black 100'	1	\$ 216.98	\$ 216.98
conn socket 8awg crimp gold	56	\$ 1.55	\$ 86.80
pluggable terminal block, 8, 630 V, 20 A	16	\$ 25.85	\$413.60
Total			\$ 1,198.85
			₡ 597,027

Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

Para finalizar la sección de costos; se presenta el análisis de la viabilidad financiera del proyecto, el cual se constituye de los costos operativos y financieros como se logra evidenciar en la Tabla 18. Este análisis tiene como objetivo comparar los costos asociados a la implementación del proyecto con los beneficios esperados, así como estimar el retorno de la inversión. De esta manera, se busca asegurar que los beneficios derivados de la optimización del sistema superen los gastos incurridos, justificando económicamente la implementación del proyecto.

Tabla 18
Análisis de viabilidad financiera

Análisis de costo	Monto total
Costo Operativo	₡ 938,725
Costo Técnico	₡ 597,027
Total	₡ 1,535,752
	\$ 3,110.63

Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

Entre los beneficios cuantificables de este proyecto se destaca la reducción del retorno de unidades por fallas de ‘DOA’, lo cual representaría un ahorro significativo para la empresa. Esto se debe a que, en caso de que una unidad sea devuelta por este motivo, Teradyne asume completamente los costos relacionados con el diagnóstico, la reparación y la exportación de la fuente de alimentación, lo que implica una carga financiera considerable. Al implementar el sistema de medición automatizado, se incrementa la calidad y confiabilidad de las pruebas realizadas, reduciendo las posibilidades de errores y, por lo tanto, los costos derivados de devoluciones innecesarias.

Además, el sistema facilita el trabajo del técnico para lograr un diagnóstico más rápido y preciso en caso de que alguna unidad falle en estas últimas pruebas, lo que permite una intervención más eficiente y reduce los tiempos de resolución de problemas. Con base en estos beneficios, se elabora el análisis de los beneficios en la Tabla 19 con el fin de demostrar el impacto positivo para obtener la última intervención en este análisis de costos.

Nota: Se estandariza, para fines de este documento por temas de confiabilidad, el costo de reparación como un promedio del costo de los seis números de parte.

Tabla 19
Análisis de costo - beneficio

Beneficio	Costo	Total
Costo por DOA	\$ 3,169.43	\$ 15,847.16
	(total de 5 DOA)	
Retrabajo del técnico	\$ 35.87	\$ 71.73
(condición favorable y dos veces a la semana)	(8h laborales)	
Total		\$ 15,918.89

Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

Durante el desarrollo de este proyecto, se identificaron un total de cinco unidades DOA, cuya causa raíz (luego de investigación) se podía haber mitigado durante la verificación del ensamblaje final. Esta situación resultó en una pérdida económica para la organización de aproximadamente \$15,847.16. Como resultado, una vez que el sistema esté completamente operativo, se proyecta que la inversión será recuperada en un período de un trimestre o incluso en menos tiempo. Esto se debe a que, con solo evitar el retorno de una unidad, se recuperaría casi en su totalidad la inversión realizada en los costos de operación e implementación del proyecto.

Además, al realizar un análisis más exhaustivo sobre la situación de todas las unidades DOA a nivel global durante el año 2024, se encontró que un total de quince unidades han sido reportadas, lo que representa una pérdida de \$54,776.63. A partir de este análisis, se concluye que, si el proyecto se propaga a otros centros de reparación, se podría evitar dicho gasto, lo que no solo optimizaría los costos, sino que también mejoraría la eficiencia operativa en el manejo de estas unidades defectuosas.

5.6. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO

Para garantizar el correcto funcionamiento del sistema automático de medición y control de la fuente de alimentación se crean dos tipos de manuales que orienten al usuario y al desarrollador en el uso de la plataforma.

5.6.1. Manual de usuario

El manual de usuario está destinado para guiar a los técnicos o ingenieros para interactuar con el sistema en su día a día; el objetivo principal es proporcionar instrucciones claras y concisas sobre como seleccionar y utilizar correctamente la aplicación desde la concepción de donde encontrar el software, como realizar cada conexión y que debe ser seleccionado para ejecutar las pruebas sin tener ningún conocimiento previo.

Este manual incluye:

- a. Los números de parte involucrados, el propósito del documento, las responsabilidades, los requisitos tanto en entrenamientos que el usuario debe poseer como los requisitos físicos de conexión del sistema.
- b. Descripción de precauciones de seguridad.
- c. El diagrama de flujo del proceso.

- d. El proceso por ejecutar con su paso a paso de cómo hacer: inspección visual, ensamble de la fuente, adquisición de información relevante, prueba de 'Sense', prueba de 'PV', prueba de 'Burn-in', la recolección de datos y finalmente como hacer la inspección visual final.

- e. Apéndices: el primer apéndice es la imagen y descripción del sistema y el segundo una descripción de la interfaz de usuario

Cada sección está escrita con ilustraciones para guiar al usuario de una manera más amigable con ambas interfaces; además se añaden todos los mensajes de alertas y notificaciones que fueron incluidos en el programa para velar siempre por la seguridad de los usuarios y así evitar algún tipo de accidente.

Un ejemplo de una sección de esta manual para ilustrar la creación del manual se representa en la Figura 59, ya que por temas de confiabilidad con la empresa el mismo no será incluido en este documento.

Figura 59
Ejemplo del manual de usuario

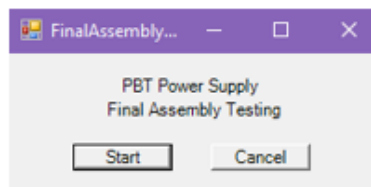


7.3. Sense and Global Inhibit Test

7.3.1. Using Windows Explorer, navigate to the following directory location on the test station computer:

C: \PBT Test Program\

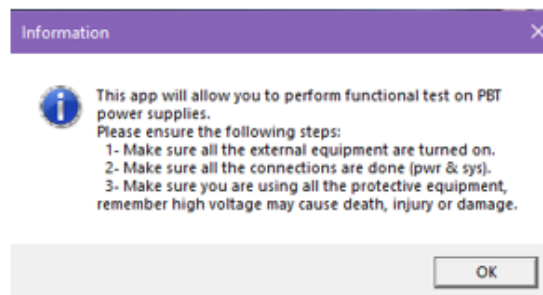
7.3.2. Run the PBT Final Assembly Test.exe test software and the following window will appear:



Picture 1. Initial Test Software

7.3.2.1. Select start to initialize the main program or cancel to close the program.

7.3.2.2. Once you start the program the following information message will appear. Make sure all the information steps have been verified prior to running any test.



Picture 2. Information message

7.3.3. The main program will appear to run the test.

7.3.3.1. All the information requested must be completed or the program won't execute the test. Note: main program is going to show the message warning.

Printed copies of this document are UNCONTROLLED copies.
User must verify correct revision of paper copies in Document Control before use.

5.6.2. Manual técnico

El manual técnico está orientado a ayudar al ingeniero desarrollador a comprender el código detrás de la aplicación que se está ejecutando con el objetivo de brindar manteniendo o en su caso mejoraras al sistema como podrían ser por ejemplo inclusión de nuevas pruebas, aumento de canales, tiempos, forma de las pruebas. Este tiene un enfoque más detallado al área de programación e incluye las siguientes secciones:

- a. Los números de parte involucrados, el propósito del documento, las responsabilidades, los requisitos y los requisitos físicos de conexión del sistema.
- b. Descripción de precauciones de seguridad.
- c. El diagrama de flujo del proceso.
- d. La descripción de las interfaces graficas: la información general de programación, las pruebas, los drivers, las clases, las funciones y las recetas creadas.
- e. Indicadores gráficos: el RichTextBox y los PictureBoxes
- f. Formato de reportes (data-logs)
- g. Apéndice: Imagen y descripción del sistema

De la misma manera, esta guía está escrita con ilustraciones para guiar al ingeniero de una manera más amigable de donde y como intervenir el sistema en caso de requerir algún tipo de ajuste y al igual que con el manual de usuario, este documento no es incorporado en este documento sin embargo en la Figura 60 se muestra una sección ejemplo de esta guía de programación.

Figura 60
Ejemplo del manual técnico



6.3 Classes

This section will provide a brief description of the classes you can find on the Main Program (at the end this is the code that controls and executes all that is needed) and their main function. A detailed description of each internal function will be referenced in the following section.

6.3.1 Channel

It is responsible for getting and setting variables from the recipe files, It also includes the set of limits used according to the TET and the checker (in the following tables are the variables and limits description).

Variables for Channel	Variables for Device
V1 = Voltages	TPN = Part Number
A1 = Currents	Family = Not use
Ck = Channels Enables	Phase = Not use

Table 4. Variables - Channel Class

Limits Variables	
LowLimit	Low limit based on V1 and the iMPS datasheet +- 1% (use it on PV Test)
HighLimit	High limit based on V1 and the iMPS datasheet +- 1% (use it on PV Test)
LowLimitSense	High limit Sense based on V1 and the iMPS datasheet +- 1% (use it on Sense Test)
HighLimitSense	High limit Sense based on V1 and the iMPS datasheet +- 1% (use it on Sense Test)
LowLimitInhibit	Low limit Sense = 0V - 0.01 (use it on Sense Test)
HighLimitInhibit	High limit Sense = 0V + 0.01 (use it on Sense Test)

Table 5. Limits – Channel Class

Within this class, there is a component called "Device," which functions is getting and setting the values for TPN, Family, and Phase (the Family and Phase values are added for future interventions but are not used in this code). It also creates the "Channels" list, which will be used throughout the entire program.

Printed copies of this document are UNCONTROLLED copies.
User must verify correct revision of paper copies in Document Control before use.

Page 12 of 29

Fuente: Elaboración propia (Díaz, 2024)

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

En conclusión, el desarrollo e implementación del sistema de medición automático para monitorear el voltaje y la corriente en el ensamble final de las fuentes de alimentación culmina con éxito comprobado en la implementación y verificación funcional del sistema. Gracias al uso de las tecnologías disponibles y los recursos internos, se ha logrado prevenir posibles daños, garantizar la calidad del producto enviado al cliente y mejorar la eficiencia del proceso de producción como mejora continua del proceso.

Se logra comprobar la necesidad de la empresa de aplicar un sistema que innove y ayude al técnico a reducir tiempos muertos, al mismo tiempo que respalda al ingeniero de que la unidad ha sido entregada cumpliendo todas las acciones que aseguran la funcionalidad aceptable de la fuente sin intervención humana al realizar la medición.

Se define que el mapeo de canales es la mejor herramienta para tener ese acercamiento con los números de parte, debido a que de esta forma fue posible determinar el alcance del sistema con la definición de los cables a utilizar y la forma adecuada de realizar las conexiones entre la fuente y el sistema para obtener los resultados de manera óptima y eficiente.

Se establece la adaptabilidad del sistema ya existente para lograr el diagnóstico y ejecución de pruebas en diferentes números de parte sin importar la unidad de negocio, ya que al final y al cabo todo sistema tecnológico necesita de una fuente de alimentación que se encargue de suministrar la potencia adecuada a todo un sistema; esto como resultado de la toma de decisiones y análisis al replantear el proyecto debido a una falla en una carga electrónica.

Se consolida un sistema integrado de software que, tras evaluar cada algoritmo con las pruebas en el entorno real, se ha conseguido mejorar la precisión y el tiempo de respuesta de los datos obtenidos para optimar el proceso y la operación del usuario en las pruebas finales.

Se concluye de manera exitosa la incorporación de la prueba de 'Burn-in', la cual además de su importancia de garantizar que la unidad se mantiene estable el tiempo que el usuario le defina, tiene la capacidad de apagar todo el sistema una vez que los fallos alcancen el 5% de operación; velando por la seguridad de la unidad, del sistema y de las personas alrededor de la fuente, un proceso que no estaba establecido en esta área.

Se garantiza en el proceso de implementación que tanto el hardware como el software generan una experiencia de usuario intuitiva y confiable generando una gran aceptación al sistema implementado y la tranquilidad del ingeniero en caso de verse en la necesidad de investigar alguna unidad ya que reduce el proyecto alcanza que la participación del usuario en la toma de mediciones sea completamente nula.

Se establece de manera definida y fija el lugar donde los datos serán almacenados de una forma segura; cumpliendo con los requisitos de la empresa por temas de confiabilidad y ciberseguridad.

Desafortunadamente el servicio de notificación vía correo electrónico para alertar al usuario cuando la prueba de burn-in había fallado, no fue posible llevar a ejecución ya que la computadora del sistema no debía estar conectada a la red. El código se creó y se implementó, pero el ingeniero a cargo decidió que no era necesario y que no quería incluirlo en la aplicación final.

Se verifica la funcionalidad del sistema mediante un entrenamiento exitoso, en el que el usuario sigue detalladamente cada paso del manual de procedimientos. Durante este proceso, se asegura que el sistema opere correctamente y que el usuario sea capaz de realizar todas las tareas de acuerdo con las instrucciones proporcionadas, garantizando así un dominio completo del funcionamiento del sistema.

Se resalta el éxito del proyecto, ya que los altos directivos de la división de la compañía han reconocido en el sistema una herramienta versátil y valiosa. Este sistema no solo cumple con los objetivos iniciales, sino que también inicia nuevas oportunidades para la inclusión y expansión del servicio de reparación de fuentes de alimentación en Costa Rica. Además, identificando que todo sistema debe contar al menos con una fuente de poder, lo que refuerza la relevancia y el impacto potencial de este proyecto.

6.2. RECOMENDACIONES

A medida que el proyecto avanzaba, surgieron aspectos que, aunque no fueron parte de los objetivos iniciales, pueden llegar a cobrar relevancia para la empresa a largo plazo. Las recomendaciones presentadas surgen como oportunidades para continuar mejorando el proceso hasta el punto de lograr una adquisición de datos mucho más efectiva y adaptada a las necesidades cambiantes del mercado. Las cuales se describen a continuación:

- Se sugiere ampliar la recolección de datos sobre la unidad en prueba con la incorporación de los números de serie de los módulos con el fin de brindar seguridad de cuál fue la configuración probada y diagnosticar si el cliente incurrió en alguna modificación.
- Se recomienda modificar la interfaz física que conecta el sistema con la fuente; pasando de una conexión uno a uno a una configuración centralizada. Esto se lograría mediante la inversión de una placa que agrupe todas las conexiones físicas, permitiendo que las pruebas se realicen a través de un único interruptor o switch que controle todas las conexiones simultáneamente.
- Se invita a no limitar el proyecto solamente al ensamble final sino adaptar el código a fin de ejecutar diagnóstico y reparación de los módulos desde el inicio del proceso en el sistema.
- Se sugiere la creación de un solo programa que incorpore todas las pruebas necesarias para diagnosticar y correr una fuente de alimentación de manera genérica, son el objetivo de estar listos para incorporar cualquier número de parte.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

Abascal, E. M. (Setiembre de 2014). *Universidad de Sevilla*. Obtenido de <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/12231/fichero/01-CAPITULO1.pdf>

Ariat Technology. (05 de Setiembre de 2024). Obtenido de <https://www.ariat-tech.es/blog/the-principles-behind-digital-multimeter-operation.html>

Bernal Torres, C. A. (2022). *Metodología de la investigación Administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Pearson Educación.

Byte, L. (12 de Mayo de 2024). Obtenido de <https://codigonautas.com/que-es-c-sharp/>

Castro, G. (2024). *Linked in*. Obtenido de https://www.linkedin.com/posts/gustavo-castro-7390395_ate-innovation-tbt-activity-7204317600208564224-STJX

Chroma Systems Solutions. (28 de Agosto de 2018). Obtenido de <https://es.chromausa.com/fuentes-de-alimentacion-de-ca/>

Company-Histories.com. (2022). *Company-Histories.com*. Obtenido de <https://www.company-histories.com/Teradyne-Inc-Company-History.html>

Cordero, R. (2020). *Actualización del sistema de pruebas automatizadas para fuentes de potencia*. Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

dcf.fm. (2023). *dcf.fm*. Obtenido de <https://dcf.fm/es/blogs/vision/ter-mission-vision>

Díaz, A. (2024). Desarrollar e implementar un sistema de medición automático para el monitoreo del voltaje y corriente de un ensamble final en el área de ‘powers supply’ de Teradyne Costa Rica. Cartago, Costa Rica.

Editorial Etecé. (25 de Setiembre de 2020). *Concepto*. Obtenido de <https://concepto.de/entrevista/#ixzz8lB39uyIL>

Editorial Etecé. (17 de Enero de 2024). *Concepto*. Obtenido de <https://concepto.de/cuestionario/#ixzz8lAwSJY17>

electricity-magnetism. (21 de Setiembre de 2023). Obtenido de <https://www.electricity-magnetism.org/es/cuales-son-las-ventajas-y-desventajas-de-las-fuentes-de-alimentacion-lineales-y-conmutadas/>

Equipo editorial, Etecé. (19 de noviembre de 2023). *Concepto*. Obtenido de <https://concepto.de/fuente-de-alimentacion/>

Fundéu RAE. (09 de Marzo de 2017). *Fundéu RAE, alternativas en español*. Obtenido de <https://www.fundeu.es/recomendacion/stand-by/#:~:text=Modo%20de%20espera%20o%20en,en%20espa%C3%B1ol%20a%20stand%2Dby.>

Gastellou, E. (30 de Junio de 2020). *AcMax de México*. Obtenido de AcMax de México: <https://acmax.mx/que-es-una-fuente-de-poder/>

Giani, C. (1 de marzo de 2024). *Enciclopedia del Lenguaje*. Obtenido de <https://lenguaje.com/justificacion-de-un-proyecto/>

Gómez, J. (2024). *ISOTEST, S.L.* Obtenido de <https://isotest.net/productos/fuentes-de-alimentacion-ac/>

Gonzalez, H. (18 de Agosto de 2024). *ProgramacionPro*. Obtenido de <https://programacionpro.com/diferencia-entre-biblioteca-y-libreria-en-programacion/>

Hernández- Sampieri, R. M. (2023). En *Metodología de la Investigación* (pág. 6). McGraw-Hill Interamericana. Obtenido de <https://www-ebooks7-24-com-uh.knimbus.com:443/?il=31455>

Hernández- Sampieri, R. M. (2023). En *Metodología de la Investigación* (pág. 4). McGraw-Hill Interamericana. Obtenido de <https://www-ebooks7-24-com-uh.knimbus.com:443/?il=31455>

Hernández- Sampieri, R. M. (2023). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill Interamericana. Obtenido de <https://www-ebooks7-24-com-uh.knimbus.com:443/?il=31455>

Hernández- Sampieri, R. M. (2023). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill Interamericana. Obtenido de <https://www-ebooks7-24-com-uh.knimbus.com:443/?il=31455>

Hernández- Sampieri, R. M. (2023). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill Interamericana. Obtenido de <https://www-ebooks7-24-com-uh.knimbus.com:443/?il=31455>

Hernández- Sampieri, R. M. (2023). Metodología de la Investigación, 2/e. McGraw-Hill Interamericana. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://highered.mheducation.com/sites/dl/free/6071520312/1106855/cap07sampieri.pdf

Herrera, J. (16 de Abril de 2024). Obtenido de <https://www.guiahardware.es/como-funciona-driver/>

Investigación de campo. (7 de Junio de 2023). *Investigación de campo*. Obtenido de <https://investigaciondecampo.com/investigacion-sampieri/#:~:text=El%20estudio%20de%20campo%20seg%C3%BAAn%20Sampieri%20se%20refiere%20a%20la,situaciones%20que%20pueden%20ser%20observable s.>

Ionos Inc. (12 de Setiembre de 2023). *Ionos*. Obtenido de <https://www.ionos.mx/startupguide/gestion/iso-9001/>

Keysight Technologies. (3 de Agosto de 2014). 34980A Multifunction Switch/Measure Unit. USA.

Keysight Technologies. (2024). Obtenido de <https://www.directindustry.es/prod/keysight-technologies/product-8981-1273677.html>

KSchool. (16 de Febrero de 2024). Obtenido de <https://kschool.com/blog/programacion/librerias-en-programacion-que-son-y-para-que-sirven/>

Llamas, L. (5 de Junio de 2024). *Luis Llamas Ingeniería, informática y diseño*. Obtenido de <https://www.luisllamas.es/csharp-que-son-las-funciones/>

Martínez Fuentes, M., & Vivas Escalante, A. (Diciembre de 2022). Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://estudios.umc.cl/wp-content/uploads/2023/01/Gu%C3%ADa-de-Modalidad-de-Proyecto-Factible_-Mart%C3%ADnez-Vivas_-2022_LED-UMC_compressed.pdf

Microsoft Learn Challenge. (20 de Junio de 2024). Obtenido de <https://learn.microsoft.com/es-es/visualstudio/get-started/visual-studio-ide?view=vs-2022>

Microsoft Learn Challenge. (21 de Noviembre de 2024). Obtenido de <https://learn.microsoft.com/es-es/dotnet/csharp/language-reference/language-specification/classes#15-classes>

Parra, A. (23 de Julio de 2023). *QuestionPro*. Obtenido de <https://www.questionpro.com/blog/es/tipos-de-variables-en-una-investigacion/>

Phoenix Contact. (s.f.). *Mouser Electronics*. Obtenido de https://www.mouser.com/ProductDetail/Phoenix-Contact/1804962?qs=WWq3Ki8dym6zbDpm7oUaqA%3D%3D&utm_source=octopart&utm_medium=aggregator&utm_campaign=651-1804962&utm_content=Phoenix%20Contact

Rabbani, R. (20 de Diciembre de 2022). Obtenido de <https://es.lisungroup.com/noticias/noticias-de-tecnolog%C3%ADa/aplicaciones-de-carga-electronica-dc.html>

SafetyCulture. (18 de Julio de 2024). *safetyculture.com*. Obtenido de <https://safetyculture.com/es/temas/diagrama-ishikawa/>

Solís, L. D. (26 de Enero de 2021). *Investigalia*. Obtenido de Investigalia: <https://investigaliacr.com/investigacion/los-sujetos-de-estudio/>

Stewart, L. (2024). *ATLAS.ti*. Obtenido de <https://atlasti.com/es/research-hub/variables-investigacion>

Suarez, E. (2 de febrero de 2024). Obtenido de Experto Universitario: <https://expertouniversitario.es/blog/fuentes-de-informacion/>

Technologies, K. (2 de Agosto de 2014). N3300 Series Keysight Technologies DC Electronic Load. USA.

Teradyne Inc. (22 de Junio de 1994-2024). *Teradyne*. Obtenido de <https://www.teradyne.com/company/about-us/>

The chip history center. (2021). *The chip history center*. Obtenido de <https://www.chiphistory.org/79-teradyne-j259-ic-test-system>

Veen, F. V. (2001). *Teradyne, The First Forty Years*. Estados Unidos: Teradyne, Inc.

GLOSARIO

A

ATE:

Automatic Test Equipment. Es una maquinaria computarizada que utiliza instrumentos de prueba para realizar y evaluar los resultados de pruebas de funcionalidad, rendimiento, calidad y estrés realizadas en dispositivos y sistemas electrónicos...xvi, 3, 5, 8, 34

B

Burn-in:

La continua operación de un dispositivo como prueba de defectos o fallos antes de ponerlo en uso..... xvii, xviii, 19, 60, 64, 130, 146

D

DMM:

Multímetro Digital. Es un instrumento de prueba y medición eléctrica que puede medir voltaje, corriente y resistencia para señales de corriente continua (DC) y corriente alterna (AC). iii, xvi, 24, 25, 66, 69, 71, 73, 87, 92, 109, 110

DOA:

Tarjeta recibida en un estado no-operacional o defectuoso. También conocido como fallo al salir de la caja “Out of the Box” 121

DUT:

Device Under Test. Se refiere a cualquier producto que esté pasando por pruebas. Esta prueba puede realizarse justo después de la fabricación del producto o más adelante en su ciclo de vida como parte de las pruebas funcionales y las verificaciones de calibración.

.....xvi, 22, 24, 26, 73, 80

G**GPIB:**

General Purpose Interface Bus. Es un estándar de conexión que permite la comunicación de un ordenador con instrumentos electrónicos de medida, como pueden ser generadores de funciones, osciloscopios, etc.....23, 25, 27

GUI:

Es una interfaz de usuario que permite a los usuarios comunicarse con el ordenador. xviii, 107, 111, 113, 114, 115, 119

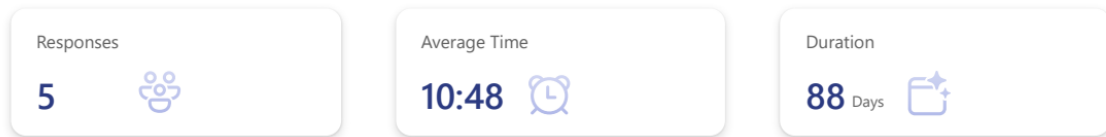
U**USB:**

Universal Serial Bus. Es un sistema de comunicacion de instrumentos con una velocidad de transferencia de datos de 60 Mbytes/s25

ANEXOS

A. CUESTIONARIO APLICADO A LOS USUARIOS

Responses Overview Active



1. ¿Con qué frecuencia realiza el proceso de diagnóstico y reparación de fuentes de alimentación?

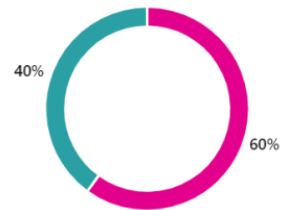


2. ¿Antes de enviar la fuente al cliente, se ejecuta alguna prueba de todo el ensamble, asegurando la función y salida correcta de todos los módulos al mismo tiempo?



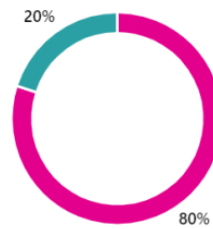
3. ¿Con que frecuencia encuentra un fallo en un módulo al final de las pruebas, que lo obliguen a reiniciar el proceso?

● Nunca	0
● Raramente	3
● A veces	2
● Frecuentemente	0
● Siempre	0



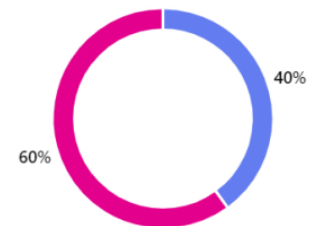
4. ¿Qué tipo de alertas y notificaciones se generan actualmente en caso de fallos durante el proceso?

● Alertas automáticas	0
● Notificaciones manuales	4
● Ninguna	1



5. ¿Cuál es el nivel de satisfacción con el proceso de burn-in?

● Insatisfecho	2
● Neutral	3
● Satisfecho	0



6. ¿Qué espera detectar con la prueba de burn in? ¿Qué le gustaría que la prueba le muestre?

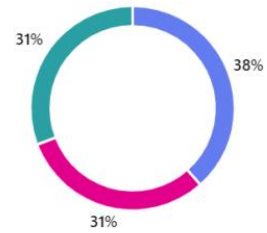
5
Responses

Latest Responses

"El valor de voltaje y corriente durante el tiempo de burn in y si el voltaje estuvo f... "
 "Se espera detectar , fallas de manufactura o confiabilidad; que la PS sea capaz de ..."
 "medicion automatica, Alertas con sonido al fallar la prueba"
 ...

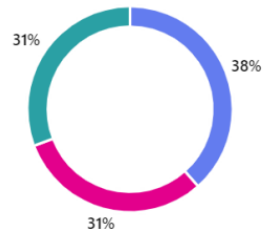
7. ¿Porqué debe registrar las mediciones de salida de la fuente? Selección multiple

- El proceso lo indica 5
- Para asegurar la salida de la fuente 4
- Como respaldo ante una queja del cliente 4
- No lo sé 0



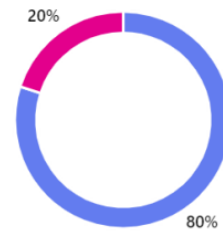
7. ¿Porqué debe registrar las mediciones de salida de la fuente? Selección multiple

- El proceso lo indica 5
- Para asegurar la salida de la fuente 4
- Como respaldo ante una queja del cliente 4
- No lo sé 0



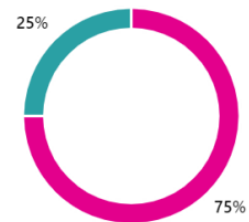
8. ¿Qué tipo de documentación se utiliza actualmente para registrar los datos de las pruebas una vez reparada la unidad?

● Manual	4
● Electrónica	1
● Ambas	0
● Ninguna	0



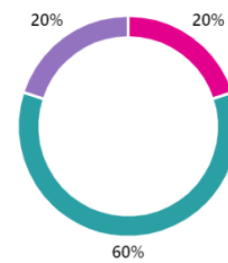
9. ¿Con qué frecuencia debe repetir una medición?

● Casi nunca	0
● A veces	3
● Siempre	1



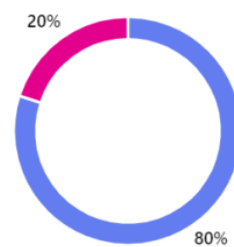
10. ¿Con qué frecuencia se pierden registros importantes debido a errores en el registro de datos?

● Nunca	0
● Raramente	1
● A veces	3
● Frecuentemente	1
● Siempre	0



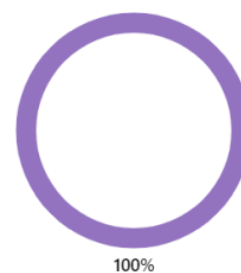
11. ¿Las herramientas de medición utilizadas están calibradas adecuadamente?

● Sí	4
● No	1
● No estoy seguro	0



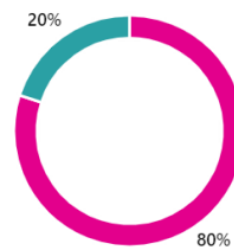
12. ¿Qué nivel de importancia cree que tiene usar heramientas calibradas?

● No es importante	0
● Poco importante	0
● Importante	0
● Muy importante	5



13. ¿Cómo calificaría la precisión de la medición manual de las fuentes de alimentación en una escala?

● Bajo	0
● Medio	4
● Alto	1
● Ninguno	0



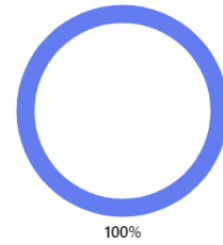
14. ¿Cuánto tiempo le toma realizar todas las mediciones y el registrarlas?

5
Responses

Latest Responses
 "15min"
 "10-20 min dependiendo de la PS"
 "20 minutos"
 ...

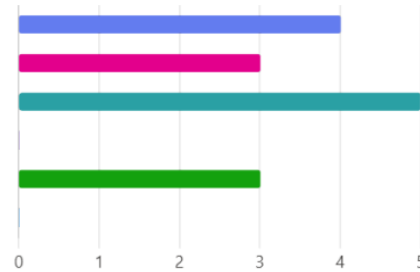
15. ¿Qué tan necesario considera que es implementar un sistema automatizado para el registro y monitoreo de las pruebas de las fuentes de alimentación?

- Muy necesario 5
- Necesario 0
- Poco necesario 0
- No necesario 0



16. ¿Qué características considera más importantes en un nuevo sistema de verificación del ensamblaje? (Seleccione hasta 3)

- Medición automática de valores 4
- Registro continuo y prolongado 3
- Generación de alertas en caso de fallos 5
- Integración con el sistema de gestión existente 0
- Interfaz fácil de usar 3
- Other 0



B. ENTREVISTA APLICADA AL INGENIERO

El objetivo de esta entrevista es profundizar sobre los datos recolectados con la aplicación del cuestionario llamado “Evaluación del Proceso de Reparación de Fuentes de Alimentación” con el ingeniero responsable del área.

1. ¿Qué dificultades enfrenta con la ausencia de un registro en la prueba de burn-in?

La principal dificultad es no tener los datos que demuestren que se corrió la prueba y que aseguren el mantenimiento de la power supply durante un tiempo determinado reduciendo la capacidad de respuesta ante una escalación.

2. ¿Qué tipo de formación recibe el personal técnico en la identificación de errores y toma de mediciones?

Un nuevo técnico que ingrese a reparar al área de power supply es entrenado por sus compañeros técnicos sobre el uso de las herramientas, proceso y la manipulación del instrumento.

3. ¿Qué medidas se toman para minimizar el error humano en el proceso de reparación y medición?

Como una medida en si no existe, lo que se asegura y se refuerza es la importancia de la utilización de los procesos adecuados y además se insta al personal a tener una mejora mediante la exposición a la reparación.

4. ¿Qué beneficios cree que aportaría un sistema automatizado para la medición y registro de valores de las fuentes de alimentación?

Reduce 100% error humano.

Existiría datos para analizar.

Añade una nueva prueba que no se estaba ejecutando en el ensamble final.

Existe más calidad y confiabilidad del que el producto es funcional.

5. ¿Qué tipo de alertas y notificaciones serían más útiles para mejorar la respuesta a fallos?

Mensaje de alerta que mantenga al usuario atento en todo el proceso y no permita continuar velando por la seguridad del usuario. Imágenes explicativas. Alerta de que equipo no está listo para ser usado.

6. ¿Puede proporcionar ejemplos de casos en los que el error humano afectó negativamente el proceso de reparación?

Se retornaron tarjetas bajo la etiqueta de DOA por voltajes extraviados debido a malas conexiones entre los módulos de la fuente, esto además fue una escalación de un cliente y el fallo confirmado. No hay monitoreo del testing no hay evidencia fiable que asegure q se fue bien probada

7. ¿Cómo cree que la implementación de nuevas tecnologías podría influir en la satisfacción del cliente y en la eficiencia operativa?

La importancia de la implementación de un proyecto de automatización aumenta la Calidad del producto y la fiabilidad de que el producto está siendo entregado al cliente en el correcto funcionamiento, lo que mantiene la confianza y felicidad del cliente.

8. ¿Cómo evalúa la propuesta de desarrollar un sistema para automatizar la medición y registro de valores?

Sumamente necesario; el nuevo proceso tiene un valor agregado en cuanto al uso automático de instrumentos de medición que harán una medición sin mediación del usuario, además el programa es capaz de asegurar el correcto funcionamiento de la fuente y la seguridad de los usuarios.