

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería Mecatrónica



**Diseño de un sistema mecatrónico para el control de acceso a áreas protegidas
de descargas electroestáticas para la empresa Qorvo, Inc.**

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en
Mecatrónica con el grado académico de Licenciatura**

Tristan Elido Bodra Jimenez

2018319145

Cartago, 19 de noviembre 2024



Diseño de un sistema mecatrónico para el control de acceso a áreas protegidas de descargas electroestáticas para la empresa Qorvo, Inc. © 2024 by Tristan Bodra Jiménez is licensed under [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Declaratoria de Autenticidad

Declaro que el presente Proyecto de Graduación ha sido realizado enteramente por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema e introduciendo conocimientos propios.

En los casos en que he utilizado bibliografía, he procedido a indicar las fuentes mediante las respectivas citas bibliográficas.

En consecuencia, asumo la responsabilidad total por el trabajo de graduación realizado y por el contenido del correspondiente informe final.

Cartago, 19 de noviembre 2024



Tristan Elido Bodra Jiménez

Céd: 1-1743-0231

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
PROGRAMA DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN
ACTA DE APROBACIÓN

El profesor asesor del presente trabajo final de graduación, indica que el documento presentado por el estudiante cumple con las normas establecidas por el programa de Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Costa Rica para ser defendido ante el jurado evaluador, como requisito final para aprobar el curso Proyecto Final de Graduación y optar así por el título de Ingeniero(a) en Mecatrónica, con el grado académico de Licenciatura.

Estudiante: Tristan Elido Bodra Jiménez

Proyecto: Diseño de un sistema mecatrónico para el control de acceso a áreas protegidas por descargas electrostáticas para la empresa Qorvo, Inc.

JUAN LUIS CRESPO MARIÑO (FIRMA)
PERSONA FÍSICA, CPF-08-0113-0166.
Fecha declarada: 18/11/2024 10:59:53 AM
Esta es una representación gráfica únicamente,
verifique la validez de la firma.

Ing. Juan Luis Crespo Mariño

Asesor

Cartago, 19 de noviembre 2024.

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
PROGRAMA DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN
ACTA DE APROBACIÓN

Proyecto final de graduación defendido ante el presente jurado evaluador como requisito para optar por el título de Ingeniero(a) en Mecatrónica con el grado académico de Licenciatura, según lo establecido por el programa de Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Estudiante: Tristan Elido Bodra Jiménez

Proyecto: Diseño de un sistema mecatrónico para el control de acceso a áreas protegidas de descargas electroestáticas para la empresa Qorvo, Inc.

Miembros del jurado evaluador



Digitally signed by FELIPE
GERARDO MEZA OBANDO
(FIRMA)
Date: 2024.11.19 09:19:33
-06'00'

Ing. Felipe Meza Obando

Jurado

YEINER ARIAS
ESQUIVEL
(FIRMA)

Digitally signed by
YEINER ARIAS
ESQUIVEL (FIRMA)
Date: 2024.11.19
09:12:06 -06'00'

Ing. Yeiner Arias Esquivel

Jurado

Los miembros de este jurado dan fe de que el presente proyecto final de graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por el programa de Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica.

Cartago, 19 de noviembre 2024.

Resumen

En el siguiente informe final se detalla el proceso llevado a cabo para la propuesta de solución correspondiente a un sistema mecatrónico para el adecuado control de acceso a áreas protegidas de descargas electroestáticas (EPA) para la empresa Qorvo, Inc. Este sistema es diseñado bajo una metodología ingenieril y se basa en soluciones comerciales que se adaptan correctamente a los requerimientos del cliente, el contexto de la mitigación de estas descargas electroestáticas (ESD) y que se ajustan al cumplimiento de estándares que refuerzan la confiabilidad y calidad de la solución propuesta. Entre ellos, lectores RFID, probadores de insumos antiestática, sistemas de bloqueo, entre otros. La correcta selección e integración de las partes involucradas resulta en un prototipo validado adecuadamente para la estandarización de un método satisfactorio en la regulación de los ingresos a las áreas donde se deben probar previamente insumos antiestática.

Palabras clave: Control de acceso, EPA, Estándares, ESD, Insumos antiestática, Lectores RFID, Metodología, Probadores, Sistemas de bloqueo.

Abstract

The following final report details the process carried out for the proposed solution for a mechatronic system for proper access control to areas protected from electrostatic discharges (EPA) for the company Qorvo. This system is designed under an engineering methodology and is based on commercial solutions that are correctly adapted to the client's requirements, the context of the mitigation of these electrostatic discharges (ESD) and that comply with standards that reinforce the reliability and quality of the proposed solution. These include RFID readers, antistatic input testers, locking systems, among others. The correct selection and integration of the parties involved results in a prototype adequately validated for the standardization of a satisfactory method for regulating entry to areas where antistatic inputs must be previously tested.

Keywords: Access control, EPA, Standards, ESD, Antistatic supplies, RFID readers, Methodology, Testers, Locking systems.

Lista de contenidos

Lista de figuras	v
Lista de tablas	x
Lista de abreviaciones.....	xii
Capítulo 1: Introducción	1
1.1 Entorno del Proyecto	1
1.2 Definición del problema	2
1.2.1 Generalidades	2
1.2.2 Síntesis del problema	3
1.3 Objetivos.....	3
1.4 Estructura del documento	3
1.5 Aporte de ingeniería.....	4
Capítulo 2: Marco Teórico	6
2.1 Descargas Electroestáticas (ESD).....	6
2.2 Insumos antiestática	7
2.3 Identificación RFID.....	8
2.3.1 Protocolo Wiegand	9
2.4 Matriz de confusión.....	10
2.5 Automatización	12
2.6 ISO/IEC 17025.....	13
2.7 ANSI/ESD S20.20-2021.....	14
2.8 Conceptos relacionados a redes.....	15
2.8.1 Subred	15
2.8.2 Red de área local virtual (VLAN)	15
2.8.3 Firewall	15

Capítulo 3: Metodología	17
3.1 Metodología seleccionada y sus etapas	17
3.2 Actividades por objetivo específico	20
3.2.1 Objetivo específico 1.....	20
3.2.2 Objetivo específico 2.....	20
3.2.3 Objetivo específico 3.....	21
3.2.4 Objetivo específico 4.....	21
3.2.5 Objetivo específico 5.....	21
3.3 Proceso de diseño de la solución	22
3.3.1 Identificación de las necesidades del cliente	22
3.3.2 Establecimiento de especificaciones objetivo	28
3.3.3 Generación de conceptos	36
3.3.4 Selección de conceptos	51
Capítulo 4: Propuesta de diseño	57
4.1 Aspectos generales por considerar para la selección de componentes	57
4.2 Diseño del sistema de control de acceso.....	63
4.2.1 Selección de probador de insumos antiestática.....	63
4.2.2 Selección del lector para identificación RFID.....	69
4.2.3 Selección de actuador para control de acceso y aislamiento del sistema	71
4.2.4 Selección de unidad de procesamiento de información.....	78
4.2.5 Selección de componente para visualización de información.....	83
4.2.6 Selección de recursos para base de datos	84
4.2.1 Selección de componentes para aceptación y adaptación de energía	88
4.3 Conectividad del sistema	92
4.4 Automatización de la toma de datos	99

4.5	Sistema diseñado	103
4.5.1	Descripción de la solución obtenida	103
4.5.2	Consideraciones para la implementación funcional	105
Capítulo 5:	Resultados y Análisis	108
5.1	Pruebas de validación.....	108
5.1.1	Prueba de validación compuesta.....	108
5.1.2	Parámetros utilizados para las verificaciones de insumos antiestática..	116
5.2	Resultados	117
5.2.1	Volumen de datos	117
5.2.2	Resultados recopilados.....	118
5.2.3	Gráficos y tablas generadas	124
5.3	Análisis de resultados	132
5.3.1	Evaluación de sistema primario (probador)	132
5.3.1	Evaluación de sistemas secundarios	139
5.4	Grado de cumplimiento de la solución	141
Capítulo 6:	Análisis Económico.....	144
Capítulo 7:	Conclusiones y Recomendaciones	152
7.1	Conclusiones	152
7.2	Recomendaciones	153
Capítulo 8:	Referencias bibliográficas.....	155
Capítulo 9:	Apéndices	158
	Apéndice A: Copia de certificado de calibración del probador seleccionado	158
	Apéndice B: Datos recopilados en la base de datos.....	161
	Apéndice C: Datos complementarios recolectados	165
Capítulo 10:	Anexos	167

Anexo 1: Hoja de datos del probador marca SCS	167
Anexo 2: Hoja de datos de probador de la marca 3M.....	170
Anexo 3: Hoja de datos de tarjeta RFID	172
Anexo 4: Hoja de datos de lector HID multiCLASS SE.....	173
Anexo 5: Catálogo de HID Global.....	175
Anexo 6: Hoja de datos de lector T-500SW de United Technologies.....	176
Anexo 7: Hoja de datos de adaptador de 9V DC para el probador.....	177
Anexo 8: Hoja de datos de adaptador de 24V DC para tarjeta de control electromecánico.....	178
Anexo 9: Cotización de Macro Safe Gates	179
Anexo 10: Manual de productos ESD Gate	180
Anexo 11: Manual del software de gestión de datos.....	182
Anexo 12: Manual de tarjeta de control electromecánica	184

Lista de figuras

Figura 2-1. Daño en chip por descarga electroestática.	6
Figura 2-2. Taconera antiestática colocada en un zapato. [4]	7
Figura 2-3. Pulsera antiestática. [5].....	8
Figura 2-4. Representación gráfica del funcionamiento de un sistema RFID. [7].....	9
Figura 2-5. Protocolo Wiegand de 26 bits. [8]	10
Figura 2-6. Representación gráfica de una matriz de confusión. [10]	11
Figura 3-1. Etapas de metodología de diseño. [18].....	17
Figura 3-2. Diagramas de bloques de entradas y salidas del sistema.	36
Figura 3-3. Diagrama de bloques de descomposición funcional del problema.	37
Figura 3-4. Conceptos seleccionados para combinación de conceptos.....	44
Figura 3-5. Concepto A.	45
Figura 3-6. Concepto B.	46
Figura 3-7. Concepto C.	47
Figura 3-8. Concepto D.	48
Figura 3-9. Concepto E.	49
Figura 3-10. Concepto F.....	50
Figura 3-11. Matriz de filtrado.....	52
Figura 3-12. Concepto CF.	53
Figura 3-13. Matriz de evaluación.	54
Figura 3-14. Boceto de concepto ganador. [21][25][26].....	55
Figura 4-1. Rangos de Resistencia válidos para insumos antiestática en las EPA. [2] .	61
Figura 4-2. Dual Combination Tester 770758. [19].....	65
Figura 4-3. 740 Wrist Strap and Shoe Tester. [20].....	66
Figura 4-4. ESD Defender G4 Combo Tester. [21]	67
Figura 4-5. ESD defender G4 adquirido para la solución.	69
Figura 4-6. Lector RFID modelo T-500SW de United Technologies. [25].....	71
Figura 4-7. Torniquete ESD horizontal MS11G de Macro Safe Gates. [26].....	73
Figura 4-8. Sistema de bloqueo del MS11G.....	75
Figura 4-9. Electroimán para liberación del sistema de bloqueo del MS11G.	75

Figura 4-10. Sensor inductivo del MS11G.....	76
Figura 4-11. Electroimán para sujeción del brazo de bloqueo.....	76
Figura 4-12. Ejemplo de: a) Sujeción del brazo de bloqueo. b) Caída del brazo de bloqueo.	77
Figura 4-13. Tarjeta de control electromecánico para el MS11G.....	77
Figura 4-14. ESD Defender Controller.....	79
Figura 4-15. Interfaz para pruebas de medición del ESD Defender Controller. [21].....	81
Figura 4-16. Ventana de “ESD Test” de interfaz del ESD Defender Controller.....	81
Figura 4-17. Ventana de “Relay” de interfaz del ESD Defender Controller.....	82
Figura 4-18. Ventana de “Network” de interfaz del ESD Defender Controller.....	82
Figura 4-19. Ventana de “Properties” de interfaz del ESD Defender Controller.	82
Figura 4-20. Ventana de “Preferences” de interfaz del ESD Defender Controller.	83
Figura 4-21. ESD Testing Monitor.....	84
Figura 4-22. Interfaz del software de gestión datos “ESD Access Control System”. [21]	87
Figura 4-23. Cable de alimentación NEMA.	88
Figura 4-24. Regleta para conexión de adaptadores de energía.	90
Figura 4-25. Adaptador MeanWell GST25A09-PJ1 para el probador.....	90
Figura 4-26. Adaptador MeanWell LRS-100-24 para tarjeta de control electromecánico.	91
Figura 4-27. Interruptor electromecánico DELIXI.	91
Figura 4-28. Conexiones a tierra: a) Probador de insumos antiestática. b) punto de conexión a tierra de la carcasa metálica del MS11G.....	93
Figura 4-29. Conexión a tierra por el adaptador de energía de tarjeta de control electromecánico.	93
Figura 4-30. Terminales y elementos del ESD Defender G4 Combo Tester. [34].....	94
Figura 4-31. Puertos de entrada y salida del ESD Defender Controller.	95
Figura 4-32. Diagrama de conectividad de entradas y salidas de la tarjeta de control electromecánico. [35].....	97
Figura 4-33. Luces LED intuitivas del MS11G: a) Circuito desde dentro de la carcasa. b) Luces por el otro lado de la carcasa.	98

Figura 4-34. Especificación de las terminales de lectores RFID. [25]	98
Figura 4-35. Habilitación de comunicación entre equipos por puerto 8080 por medio del software de gestión de datos.	100
Figura 4-36. Prueba de comunicación por la terminal de la PC entre el sistema diseñado y el equipo con el software de gestión de datos.	101
Figura 4-37. Ejemplo de ingreso a interfaz del software de gestión de datos vía browser. [36]	101
Figura 4-38. Opción para agregar el número serial del sistema de control de acceso. [36]	102
Figura 4-39. Ejemplo de revisión del estado de conexión del equipo con el software. [36]	102
Figura 4-40. Ejemplo de estado de conexión en línea.	102
Figura 4-41. Ejemplo de datos guardados en la base de datos, visibles desde el software de gestión de datos.	103
Figura 4-42. Ejemplo de pasos para exportar datos registrados de la base de datos desde el software de gestión. [36].....	103
Figura 4-43. Sistema diseñado.	104
Figura 4-44. Distribución de módulos seleccionados dentro de carcasa metálica.	104
Figura 4-45. Sistema diseñado des energizado.	105
Figura 4-46. Configuración de red actual y la esperada para la implementación del equipo.	106
Figura 5-1. Ejemplo de patrón esperado para conjuntos de prueba.	111
Figura 5-2. Tabla utilizada para recopilación de datos adicional a la base de datos. ..	114
Figura 5-3. Fragmento para ejemplo de datos recopilados para evaluar el grado de cumplimiento de múltiples especificaciones planteadas. (Apéndice C: Datos complementarios recolectados)	124
Figura 5-4. Gráfico de matriz de confusión obtenida.....	125
Figura 5-5. Histogramas de valores de resistencia dentro del rango aceptado para ingreso a EPA de: a) Pulsera antiestática. b) Taconera antiestática izquierda. c) Taconera antiestática derecha.	127

Figura 5-6. Histogramas de valores de resistencia fuera del rango aceptado para ingreso a EPA de: a) Pulsera antiestática. b) Taconera antiestática izquierda. c) Taconera antiestática derecha.	128
Figura 5-7. Gráfico de valores dentro del rango de resistencia validos de pulseras antiestática.	129
Figura 5-8. Gráfico de valores dentro del rango de resistencia validos de taconeras antiestática.	129
Figura 5-9. Ejemplos de casos inesperados clasificados como falsos negativos.....	134
Figura 5-10. Ejemplos de casos inesperados clasificados como falsos positivos.	136
Figura 5-11. Ejemplos de casos inesperados clasificados como verdaderos negativos	137
Figura 6-1. Ejemplo de devolución de lote por problemas de ESD.	147
Figura 6-2. Proyecciones anuales para inversión del proyecto en cuestión.	150
Figura 9-1. Certificado de calibración (parte 1).	158
Figura 9-2. Certificado de calibración (parte 2).	159
Figura 9-3. Certificado de calibración (parte 3).	160
Figura 9-4. Resultados de colaboradores del turno A el 15/10/2024 durante horas de la mañana.	161
Figura 9-5. Resultados de colaboradores del turno A el 16/10/2024 durante horas de la tarde.	162
Figura 9-6. Resultados de colaboradores del turno B el 17/10/2024 durante horas de la mañana.	163
Figura 9-7. Resultados de colaboradores del turno B el 18/10/2024 durante horas de la tarde.	164
Figura 9-8. Recopilación de datos adicionales (parte 1).	165
Figura 9-9. Recopilación de datos adicionales (parte 2).	166
Figura 10-1. Descripción general del probador SCS. [19].....	167
Figura 10-2. Descripción de entradas y salidas del probador SCS. [19].....	168
Figura 10-3. Descripción de: a) Conexión con sistema de control de acceso. b) Especificaciones del probador. [19].....	169
Figura A-10-4. Descripción general del probador marca 3M (parte 1). [20].....	170

Figura 10-5. Descripción general del probador marca 3M (parte 2). [20].....	171
Figura 10-6. Especificaciones del probador marca 3M. [20]	171
Figura 10-7. Especificaciones de tarjetas HID utilizadas. [22].....	172
Figura 10-8. Especificaciones técnicas del lector HID multiCLASS SE (parte 1). [23]	173
Figura 10-9. Especificaciones técnicas del lector HID multiCLASS SE (parte 2). [23]	174
Figura 10-10. Especificaciones técnicas del lector HID ProxPoint Plus. [24]	175
Figura 10-11. Especificaciones técnicas del lector T-500SW. [25]	176
Figura 10-12. Especificaciones técnicas de adaptador GST25A. [30]	177
Figura 10-13. Especificaciones técnicas de adaptador LRS-100. [32]	178
Figura 10-14. Cotización de MSG. [28]	179
Figura 10-15. Esquema de entradas y salidas del ESD Defender Controller. [34]	180
Figura 10-16. Esquema de entradas y salidas del ESD Defender Combo Tester. [34]	181
Figura 10-17. Especificaciones técnicas del ESD Defender Combo tester. [34]	181
Figura 10-18. Ejemplo de como agregar un quipo nuevo desde el software. [36].....	182
Figura 10-19. Ejemplo de cómo obtener un reporte desde el software de gestión de datos. [36]	183
Figura 10-20. Diagrama de conexiones de la tarjeta de control electromecánico del MS11G. [35]	184

Lista de tablas

Tabla 3-1. Categorización de las necesidades.	27
Tabla 3-2. Lista de métricas y sus respectivas unidades.....	29
Tabla 3-3. Lista de métricas con valores meta ideales y marginales.....	31
Tabla 3-4. Conceptos encontrados para los diferentes subproblemas.....	38
Tabla 4-1. Tabla comparativa de probadores de ESD. [19][20][21]	67
Tabla 4-2. Tabla comparative de lectores RFID. [23][24][25].....	70
Tabla 4-3. Especificaciones técnicas de la puerta trípode tipo torniquete modelo MS11G de MSG. [26].....	74
Tabla 4-4. Especificaciones técnicas del adaptador para el ESD Defender G4 Combo tester. [30]	89
Tabla 4-5. Especificaciones técnicas del adaptador para la tarjeta de control electromecánico. [32]	90
Tabla 4-6. Especificaciones técnicas del interruptor electromecánico. [33].....	92
Tabla 4-7. Configuración de subred para comunicación entre el sistema diseñado y el software de gestión de datos.	100
Tabla 5-1. Periodos de prueba considerando diferentes horas, días y turnos.....	110
Tabla 5-2. Posibles escenarios al obtener un resultado no esperado.	113
Tabla 5-3. Resultados de colaboradores del turno A el 15/10/2024 durante horas de la mañana. (Apéndice B: Datos recopilados en la base de datos).....	118
Tabla 5-4. Resultados de colaboradores del turno A el 16/10/2024 durante horas de la tarde. (Apéndice B: Datos recopilados en la base de datos).....	120
Tabla 5-5. Resultados de colaboradores del turno B el 17/10/2024 durante horas de la mañana. (Apéndice B: Datos recopilados en la base de datos).....	121
Tabla 5-6. Resultados de colaboradores del turno B el 18/10/2024 durante horas de la tarde. (Apéndice B: Datos recopilados en la base de datos).....	122
Tabla 5-7. Matriz de confusión obtenida.....	125
Tabla 5-8. Resumen de resultados cuantitativos según especificaciones.....	130
Tabla 5-9. Tendencia de mediciones de resistencia de insumos en buen estado y correctamente colocados.	137

Tabla 5-10. Resumen de resultados según las especificaciones planteadas.....	141
Tabla 6-1. Costos de componentes seleccionados para el sistema diseñado. [28].....	144
Tabla 6-2. Costos adicionales del sistema diseñado. [28].....	146
Tabla 6-3. Costos involucrados por retrabajo de rollo afectado por ESD.	148
Tabla 6-4. Resumen de datos importantes del análisis económico.....	150

Lista de abreviaciones

ESD: Electrostatic Discharge.

EPA: ESD Protected Area.

TTR: Test, Tape & Reel.

HTTP: Hypertext Transfer Protocol.

HMI: Human-Machine Interface.

PC: Personal computer.

RFID: Radio Frequency Identification.

NFC: Near Field Communication.

PLC: Programmable Logic Controller.

SD: Secure digital.

SSD: Solid State Drive.

RAID: Redundant Array of Independent Disks

UPS: Uninterruptable Power Supply.

TP: True Positive

TN: True Negative

FP: False Positive

FN: False Negative

SCS: Static Control Solutions

MCBF: Mean Cycles Before Failure

DBaaS: Data Base as Service

GND: Ground

MSG: Macro Safe Gates

UPH: Units Per Hour

VLAN: Virtual local area network

Capítulo 1: Introducción

En este capítulo, se presenta un poco sobre el contexto en que se desarrolla el proyecto; se describe el problema como tal a resolver, así como la síntesis de este; además, se presentan los objetivos a cumplir y la estructura del documento. Por último, se describe de forma general el aporte de ingeniería realizado por el estudiante para dicha solución.

1.1 Entorno del Proyecto

El proyecto fue realizado en la empresa Qorvo, Inc. Específicamente en la sede de Costa Rica ubicada en Zona Franca Metropolitana en Barreal de Heredia, donde se llevan a cabo procesos de manufactura, ensamble y testeo de los productos de la empresa, basados en semiconductores.

Qorvo es una empresa con una trayectoria de más de 30 años en el desarrollo de soluciones en materia de las telecomunicaciones, aplicaciones inalámbricas, seguridad e industria aeroespacial; donde destacan sus productos de vanguardia tecnológica debido a su innovación, investigación y desarrollo de estas [1].

A lo largo de dicha trayectoria, la empresa ha logrado crear fuertes vínculos con sus clientes gracias a, diferentes estándares de calidad y normas que lo respaldan, que brindan una gran confiabilidad en sus productos. Entre estas, la empresa cuenta con una certificación bajo el estándar ANSI/ESD S20.20-2021 [2], con el que se pretende evitar a toda costa problemas debido a descargas electroestáticas (ESD). Es inaceptable que un cliente reciba productos con defectos por este fenómeno, por lo que todas las áreas donde se trabaje cercanamente con los productos en cualquiera de sus etapas, debe ser un Área Protegida por ESD (EPA) y seguir lo que dicho estándar establece.

Entonces, el proyecto se ha llevado a cabo como un plan piloto para la empresa en el piso de TTR (*Test, Tape & Reel*). Esta, al ser una EPA, debe contar con cierto control de acceso donde se verifiquen previamente los insumos antiestática que permiten mitigar problemas por ESD.

Este proyecto fue un esfuerzo en conjunto de los departamentos de Ingeniería en Producto e Ingeniería en Calidad como principales responsables de cumplir con la calidad del producto final y con el fin de que el proyecto sea en un futuro escalable para todos las EPA de la empresa.

1.2 Definición del problema

1.2.1 Generalidades

El problema existente radica en un método muy ineficiente para evitar problemas por ESD dentro de las EPA, donde se trabaja con material que es propenso a verse afectado por este fenómeno.

Es necesario que los colaboradores realicen una serie de verificaciones de los insumos para descargar controladamente las cargas electroestáticas, para verificar que estos estén funcionando de forma adecuada. Dichos insumos son las “taconeras antiestáticas” (que se colocan en los zapatos, para crear el contacto de las plantas de los pies al suelo disipativo) y las “pulseras antiestáticas” (utilizado para aterrizar a los colaboradores, por medio de una mesa ya aterrizada al suelo disipativo. Esto cuando no se tenga un adecuado contacto de las taconeras al suelo, por ejemplo, cuando se trabaje sentado).

No obstante, no existe como tal una solución para el adecuado control de acceso a estas EPA, donde se evite el paso del personal que no cumpla con las verificaciones necesarias para trabajar acorde a las normas que deben seguir estos pisos para velar por la integridad de los productos con los que se trabajan ahí. Si no que, dichas verificaciones se manejan de forma moral por medio de “marcas”, lo que no siempre se respeta. Se puede decir que existe una falta de concientización sobre la importancia de realizar correctamente las verificaciones de los insumos mencionados contra ESD. Además, esta tarea moral de las verificaciones no se supervisa, por lo tanto, es fácil que estas faltas pasen desapercibidas.

1.2.2 Síntesis del problema

Se reconoce la necesidad de la implementación de un sistema capaz de controlar el acceso de los colaboradores a las EPA, por medio de las verificaciones pertinentes de los insumos antiestática brindados por la empresa, para no comprometer la confiabilidad de la empresa con sus clientes por productos defectuosos por problemas de ESD.

1.3 Objetivos

El objetivo general es el siguiente:

- Diseñar un sistema mecatrónico para el control de acceso a las zonas protegidas de descargas electroestáticas para la empresa Qorvo, Inc.

Los objetivos específicos son los siguientes:

1. Establecer una serie de especificaciones que respondan adecuadamente a los requerimientos del cliente y el grado de cumplimiento que se espera de la solución.
2. Diseñar un sistema mecánico que permita llevar a cabo el control de acceso a las EPA y el aislamiento de los módulos involucrados en la solución.
3. Diseñar un sistema de naturaleza electrónica que permita llevar a cabo las verificaciones necesarias para garantizar un acceso seguro a las EPA.
4. Automatizar la toma y almacenamiento de datos de las verificaciones realizadas.
5. Validar el correcto funcionamiento del sistema diseñado por medio de al menos pruebas de concepto.

1.4 Estructura del documento

En esta sección se describen brevemente los contenidos de los capítulos más relevantes para este proyecto como estructura del documento:

- **Introducción:** En este capítulo se presenta al lector el problema a resolver, así como otros aspectos que permiten el ubicar un poco mejor dicho problema en la empresa como lo es el entorno y las generalidades de este.
- **Marco Teórico:** En este capítulo se definen los conceptos teóricos más relevantes y afines para el entendimiento del problema y la solución propuesta.
- **Metodología:** En este capítulo se explican las diferentes etapas seguidas para el desarrollo de la propuesta de diseño y su relación con los objetivos planteados.
- **Propuesta de solución:** En este capítulo se desarrollan los diferentes pasos descritos para cada etapa de la metodología. Este capítulo es muy importante ya que describe todo el proceso de diseño para llegar a la solución propuesta.
- **Resultados y Análisis:** En este capítulo se exponen los diferentes resultados obtenidos y se realiza un análisis de los mismo, así como de las pruebas de validación que se llevaron a cabo para obtener dichos resultados y validar el nivel de cumplimiento del diseño propuesto.
- **Análisis Económico:** En este capítulo se realiza un análisis para justificar la viabilidad económica del proyecto.
- **Conclusiones y Recomendaciones:** En este capítulo se sintetizan los aprendizajes más relevantes del proyecto, así como cualquier otra experiencia, hallazgo o consejo afín para el desarrollo de un proyecto similar.

1.5 Aporte de ingeniería

Para el problema planteado para este proyecto, entre los principales aportes de ingeniería aplicados para la solución tenemos, el diseño de un sistema capaz de intervenir a cabalidad en el proceso de ingreso a la EPA del departamento de TTR para realizar un adecuado control de ESD. Esto bajo el desarrollo de una metodología de diseño ingenieril que permitió la selección de componentes y la integración de estos para un resultado satisfactorio ante los requerimientos del cliente y que, además, es acorde al contexto y cumplimiento de estándares que respaldan la confiabilidad del equipo y de la calidad de los productos de la empresa, con un compromiso mayor ante la certificación de la empresa bajo la norma ANSI/ESD S20.20-2021.

Este sistema permite reducir el riesgo del ESD al permitir el acceso, de forma semiautomatizada, solo de aquellos colaboradores que brinden sus respectivas credenciales y mediciones válidas de sus respectivos insumos antiestática dentro de los parámetros permitidos para un ingreso seguro.

Además, para dichas verificaciones se complementa con la automatización del registro de estos datos que permiten tener trazabilidad sobre el funcionamiento del equipo y el cumplimiento de estas mediciones para el ingreso a una EPA.

Aparte de una mejora en el método de acceso a las EPA para el control de ESD, reducir los riesgos bajo este contexto le permite a la empresa una mejor visibilidad para sus clientes y la disminución de reclamos y pérdidas por productos afectados.

Capítulo 2: Marco Teórico

En este capítulo se explican diferentes conceptos teóricos que pueden ser relevantes y afines para el lector en el entendimiento de la solución propuesta.

2.1 Descargas Electroestáticas (ESD)

Podemos entender este tipo de descarga como un fenómeno que se da entre dos cuerpos conductivos, bajo un campo considerable de electrostática, donde hay una transferencia rápida y espontánea de carga electrostática. Esto normalmente reflejado por una chispa entre dichos dos cuerpos u objetos con potenciales de voltaje distintos en el momento en que estos se aproximan [3].

Ahora, en el ámbito de la electrónica, los problemas por de este tipo de descargas pueden ser bastante habituales, en especial cuando se trabaja con elementos sensibles a estas transferencias de carga espontaneas y no se cuenta con un correcto método o uso de insumos antiestática para reducir o mitigar este fenómeno, que en realidad es bastante común.

Tal es el caso de la empresa en cuestión, donde los módulos o chips semiconductores que se producen, siendo estos sensible a dichas descargas electroestáticas, pueden sufrir repercusiones importantes en su funcionamiento hasta el punto del rechazo del componente en su totalidad, ya que intentar un arreglo por fallos de este tipo pueden tener un costo elevado que no amerite su reparación. En la Figura 2-1 podemos ver un ejemplo de cómo se ve un daño por ESD en uno de los chips producidos por la empresa.

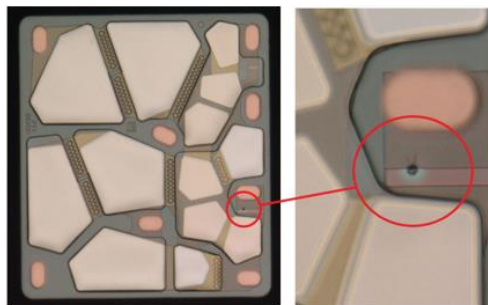


Figura 2-1. Daño en chip por descarga electroestática.

2.2 Insumos antiestática

Una vez definido el término de ESD, y la importancia de combatir este fenómeno cuando se trabaja con componentes sensibles a este, tenemos la definición de lo que son los insumos antiestática, siendo estos la línea divisora entre un producto defectuoso o no por ESD, con un correcto uso de estos.

La forma más común de evitar defectos de este tipo es aterrizando al suelo (conectar a tierra) a los empleados que se encuentran en contacto con los chips. Por ejemplo, por medio de pisos disipativos y el uso de “taconeras antiestática”. Donde, según [4], estos son insumos que, como un complemento para el calzado de los empleados, se pueden utilizar para disipar las cargas electroestáticas del cuerpo hacia dicho suelo disipativo. Esto al haber una tira conductora en contacto con la planta del pie del empleado y otra parte haciendo contacto con el piso disipativo. Ver Figura 2-2.



Figura 2-2. Taconera antiestática colocada en un zapato. [4]

Por otro lado, cuando no existe un correcto contacto con el suelo disipativo, como cuando se trabaja sentado en una mesa de trabajo, también existen insumos como la “pulsera antiestática” que nos permiten aterrizar a los empleados a tierra conectándonos a dicha mesa, siempre y cuando esta se encuentre aterrizada a tierra correctamente. Ver Figura 2-3.



Figura 2-3. Pulsera antiestática. [5]

Entonces, de forma breve, podemos definir como insumos antiestática a todos aquellos elementos que nos permiten disipar estas cargas electroestáticas a tierra.

2.3 Identificación RFID

Como sus letras lo indican y cómo podemos observar en la lista de abreviaciones, las siglas RFID hacen referencia a la identificación por radiofrecuencia. Esta tecnología consiste en la comunicación entre etiquetas y lectores. El lector, con una o más antenas, emite señales de radio frecuencia y al estar bajo cierto rango de alcance (dependiendo de la capacidad del lector y la frecuencia de operación de la etiqueta), una etiqueta RFID pasiva le responde con la información que esta contenga, que es normalmente un serial de identificación. Esta señal es recibida por el lector nuevamente y de esta forma podemos identificar a colaboradores con un número serial específico asignado para su identificación [6].

En la Figura 2-4, podemos apreciar una representación más gráfica de la interacción entre dichas etiquetas y lectores para este tipo de tecnología.

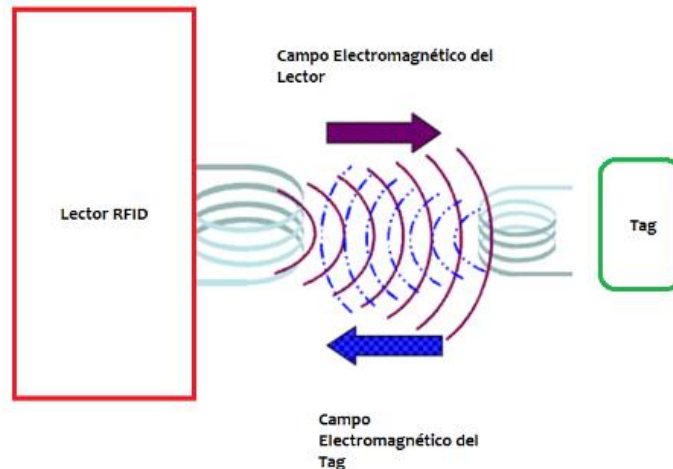


Figura 2-4. Representación gráfica del funcionamiento de un sistema RFID. [7]

Cabe agregar que las etiquetas, a parte de las pasivas que dependen del campo electromagnético del lector para su activación y envío de información, también pueden ser activas, si cuentan con su propia batería para estar constantemente enviando información. También existen etiquetas semi pasivas, que cuentan con batería, pero solo se activan con el campo electromagnético de un lector de forma similar a las pasivas. Además, estas pueden operar a baja frecuencia (LF), alta frecuencia (HF) o ultra alta frecuencia (UHF); dependiendo de la aplicación que se le quiera dar al sistema RFID [6].

Para el caso de las tarjetas de identificación de la empresa, se trabaja con tecnología RFID del proveedor HID Global, del tipo “HID Proximity Card II”. Estas tarjetas, o bien etiquetas, son pasivas y trabajan bajo una frecuencia de 125 kHz, en un formato Wiegand de 26 bits. Estas trabajan con LF y por lo tanto son útiles para aplicaciones como identificaciones para control de acceso donde no hay problema con la activación de estas a distancias cortas con los lectores.

2.3.1 Protocolo Wiegand

Según Argüello [8], este protocolo es un estándar de cableado para lectores de tarjetas electromagnéticas muy conocido desde los 80's debido a su simplicidad y confiabilidad a la hora de la identificación por radiofrecuencia. Este es conocido como

formato Wiegand de 26 bits, en referencia al sistema específico de datos binarios que utiliza.

Fue creado por John R. Wiegand, ingeniero alemán, cuando descubrió que ciertas aleaciones pueden cambiar de polaridad cuando se someten a fuertes campos magnéticos. De este hallazgo, descubrió como traducir esta información a pulsos de datos por medio de la detección del cambio de polaridad gracias a bobinas de sensor.

De lo anterior, nacen las tarjetas Wiegand, que contienen 2 cables de datos almacenados magnéticamente; uno con la información en alto (Data1) y el otro en bajo (Data0). Cuando una tarjeta pasa por un lector, estas crean una línea de datos binarios que originan el método de identificación. Normalmente estas tarjetas poseen 26 bits de datos donde se utiliza, un bit de paridad, seguido de 8 bits de código de instalación, 16 bits de código de identificación y un bit de paridad final. Ver Figura 2-5.

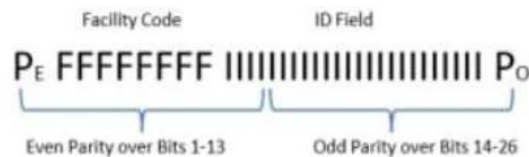


Figura 2-5. Protocolo Wiegand de 26 bits. [8]

2.4 Matriz de confusión

La matriz de confusión es una herramienta muy útil para el entendimiento de un modelo o sistema en cuanto a las posibilidades de mejora, o bien para entender sus fortalezas y debilidades. Este es normalmente utilizado en aprendizaje automático y análisis de clasificación para evaluar el rendimiento de estos debido a la naturaleza de este tipo de modelos. Dicha herramienta nos permite clasificar los resultados en cuatro categorías bien definidas para representar la cantidad de veces que un modelo clasifica correcta o incorrectamente una muestra respecto a su etiqueta verdadera, o bien la precisión del modelo con relación a su clase real [9].

Entonces, según [9] las categorías de clasificación son las siguientes:

- Verdadero positivo (TP): El resultado es correcto/positivo y el modelo lo clasifica como correcto/positivo.
- Verdadero negativo (TN): El resultado es incorrecto/negativo y el modelo lo clasifica como incorrecto/negativo.
- Falso positivo (FP): El resultado es incorrecto/negativo y el modelo lo clasifica como correcto/positivo.
- Falso negativo (FN): El resultado es correcto/positivo y el modelo lo clasifica como incorrecto/negativo.

En la Figura 2-66, podemos ver una representación gráfica de dicha matriz de confusión.

		Valores reales (Actual Values)	
		Positivo	Negativo
Valores predichos (Predicted Values)	Positivo	Verdadero positivo	Falso positivo
	Negativo	Falso negativo	Verdadero negativo

Figura 2-6. Representación gráfica de una matriz de confusión. [10]

Además, según diferentes fuentes bibliográficas en el campo del aprendizaje automático como [11] y [12], podemos relacionar estas categorías con las siguientes métricas:

- Precisión del sistema: Enfocado en la cantidad o porcentaje de resultados positivos que realmente son positivos. Es decir, la proporción de resultados positivos respecto a resultados que pueden bien ser positivos o no, dependiendo si son verdaderos positivos o por el contrario falsos positivos. Dado por la fórmula 2.1:

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2.1)$$

- Sensibilidad del sistema: También conocido como “Recall”. Mide la verdadera cantidad o porcentaje de resultados positivos identificados correctamente. Dado por la fórmula 2.2:

$$Sensibilidad = \frac{TP}{TP + FN} \quad (2.2)$$

- Especificidad del sistema: Es lo contrario a la sensibilidad. Mide la verdadera cantidad o porcentaje de resultados negativos identificados correctamente. Dado por la fórmula 2.3:

$$Especificidad = \frac{TN}{TN + FP} \quad (2.3)$$

Entonces, como se expone en el capítulo 5 de análisis y resultados, para el tipo de experimentos que se llevan a cabo para la validación de la solución al problema planteado, podemos aplicar una matriz de confusión para obtener información valiosa sobre el rendimiento del sistema diseñado en base a las categorías de clasificación de esta herramienta y obtener algunos datos interesantes en base a las métricas anteriores.

2.5 Automatización

Se puede entender la automatización como el empleo de ciertos recursos con el fin de minimizar la intervención humana en un proceso o realización de una tarea, con el objetivo final de llevar a cabo dichas acciones de manera automática. Esto por medio del uso de recursos como la tecnología, software, sistemas de control o equipos especializados, entre otros [13].

En base a la definición anterior, es importante la consideración de las ventajas de la automatización a la hora de plantear la solución a un problema a nivel de tiempo y recursos, sobre todo en tareas o procesos repetitivos. Como se plantea en el próximo capítulo, dicha definición se alinea al enfoque del contexto de este proyecto y el problema planteado, buscando reducir la intervención humana y la estandarización en un proceso para su cumplimiento a cabalidad.

2.6 ISO/IEC 17025

A continuación, se detallan aspectos importantes sobre la ISO/IEC 17025 como su propósito, principios básicos y su relación con la confiabilidad de resultados de pruebas y calibraciones, siendo este el estándar que establece los requisitos generales para competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. Se toman las fuentes [14] y [15] como referencias para este resumen de la definición y los aspectos generales de este estándar.

Primero que nada, como se comentaba anteriormente, dicho estándar es un referente internacional donde se especifican los requisitos que deben cumplir laboratorios de ensayo y de calibración para respaldar su competencia técnica. Bajo estos requisitos, la idea es que dichos laboratorios cumplan con la más alta confiabilidad, precisión y coherencia para brindar a sus clientes resultados válidos técnicamente. Además, su alcance aplica para cualquier sector independientemente del tamaño de este y se basa en dos principales pilares que son los requisitos técnicos y de gestión.

Respecto a los requisitos técnicos, son los que hacen alusión a que un laboratorio pueda proporcionar resultados precisos y confiables. Esto por medio de la competencia del personal, calibración de equipos y métodos de prueba validados.

Después, respecto a requisitos de gestión, se refiere a la gestión de la calidad por medio de la mejora continuo y el control documentado en los procesos. En ese sentido, la trazabilidad y el control de la exactitud de las mediciones juega un papel importante. Este estándar establece que todas las mediciones deben ser trazables bajo otros estándares nacionales o internacionales para que estos sean comparables a nivel global. Por otro lado, el control de la exactitud nos ayuda a minimizar el margen de error. Estos entre los más relevantes a nivel de gestión, aunque también entran otros factores como el control continuo de la calidad por medio de monitores internos al proceso, la documentación y mejora continua basado en estándares como ISO 9001, entre otros.

En fin, cabe destacar que a la hora de realizar un proyecto donde se deba realizar la selección de componentes y cierto grado de cumplimiento técnico, podemos buscar opciones de proveedores certificados bajo el estándar en cuestión que brinden a la solución un gran grado de credibilidad al contar con componentes con previos procedimientos y resultados alineados con las mejores prácticas globales.

2.7 ANSI/ESD S20.20-2021

El estándar ANSI/ESD S20.20-2021 es otro referente global, ahora en el control y manejo de las ESD. Aquí se definen los requisitos para contar con un programa completo de control de ESD, donde su propósito principal es minimizar los riesgos de fallas en productos en entornos donde se manipulen dispositivos sensibles a este fenómeno [2].

Cabe destacar que la aplicación de este estándar, como parte de los requisitos para su cumplimiento, va de la mano con la implementación de los insumos antiestática comentados anteriormente. Donde esta nos especifica ahora los rangos o límites aceptables de resistencia en los que estos deben operar para poder estar a cabalidad con los requerimientos del estándar. Lo anterior por medio de pruebas con equipos certificados para poder tener un correcto control del funcionamiento de estos insumos.

Entre otros de los requisitos generales para el cumplimiento del estándar se establecen planes de control de ESD para la prevención de este fenómeno en las áreas críticas como las EPA, entrenamiento del personal en base a las implicaciones de no seguir los lineamientos que se buscan con la aplicación de este y el monitoreo por medio de auditorías para asegurar que los sistemas implementados funcionen correctamente. Además, la implementación de equipos nuevos en sus procesos o EPA, como es el caso de este proyecto, debe entrar en este marco de conformidad en sus respectivos aspectos como por ejemplo contando también con materiales controlados en sus especificaciones de resistencia y capacidad de disipar las cargas electroestáticas.

La empresa en cuestión entonces, al ser certificada bajo dicho estándar, debe cumplir con los requisitos planteados en el estándar en cualquier aspecto que le sea competente y dentro del contexto de operación en sus actividades.

Ahora, aunque hay que seguir todo un régimen de requisitos estrictos, los beneficios del cumplimiento de ANSI/ESD S20.20-2021 proporciona un nivel alto de confiabilidad hacia los clientes en el mercado de manufactura de semiconductores ya que reduce significativamente las fallas en los productos durante la operación de las actividades de la empresa en sus diferentes procesos.

2.8 Conceptos relacionados a redes

A continuación, se detallan algunos conceptos relevantes respecto a la parte de redes relacionadas al proyecto.

2.8.1 Subred

Partiendo del hecho de que se entiende una red como un grupo de dos o más dispositivos informáticos conectados; el concepto de subred viene de tomar una red y dividirla en varias redes más pequeñas. Esto por medio de las máscaras de subred, que definen los bits que pertenecen a la red y cuales pertenecen al host. Esto permite una mejor organización y seguridad al poder asignar diferentes derechos de acceso por subredes [16].

2.8.2 Red de área local virtual (VLAN)

Partiendo del concepto de “red de área local” que hace referencia a una red pequeña o local, geográficamente hablando, por ejemplo, las redes Wifi-domésticas, las VLAN son una forma de dividir el tráfico de una misma red, separando diferentes usuarios o grupos de usuarios en la misma red física; a diferencia de una subred, que es una forma de dividir de manera lógica una red en otras más pequeñas [17].

2.8.3 Firewall

Un “firewall” se puede entender como un conjunto de reglas de seguridad establecidas por un sistema de seguridad supervisado y que controla el tráfico de la

red. Estos permiten tomar las decisiones sobre el paso de información entre una red de confianza y una no fiable. Su implementación puede ser muy importante a nivel de seguridad al poder interceptar el tráfico malicioso entrante antes de que afecte la red en cuestión [16].

Capítulo 3: Metodología

En este capítulo se aborda una explicación sobre la metodología de diseño utilizada para llegar a la solución propuesta de una manera justificada, luego de evaluar, según las necesidades de la empresa, las competencias de diferentes conceptos investigados.

3.1 Metodología seleccionada y sus etapas

Al ser un proyecto de ingeniería y en el que se resuelve un problema abierto, se hizo uso de la metodología de diseño y desarrollo de producto de K.T. Ulrich y S. D. Eppinger [18], ya que esta define toda una serie de etapas iterativas que permite la exploración sistemática, evaluación y selección de entre una serie de conceptos afines para la solución del problema, siempre bajo los requerimientos del cliente. Ver Figura 3-1.

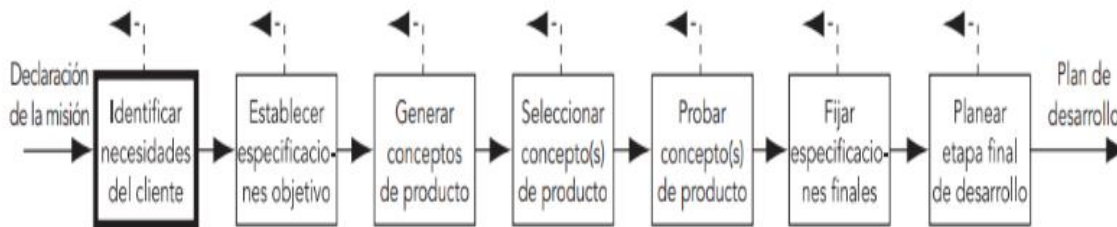


Figura 3-1. Etapas de metodología de diseño. [18]

A continuación, tenemos entonces cuáles son esas etapas y de qué se trata cada una de ellas:

- **Identificación de las necesidades del cliente**

Para esta primera etapa de la metodología se mantiene una buena comunicación con el cliente y por medio de entrevistas, formularios y procesamiento de la información se definen los aspectos con los que cuenta la solución para cumplir las expectativas de la empresa.

Como veremos en el siguiente capítulo, esta etapa y la siguiente están directamente relacionadas con el cumplimiento del objetivo 1 planteado para este proyecto.

Entre las tareas que se llevaron a cabo para este punto tenemos:

- Recopilar datos del cliente (sin procesar)
- Interpretar los datos sin procesar en términos de las necesidades del cliente
- Jerarquizar las necesidades
- Categorizar las necesidades

- **Establecimiento de especificaciones objetivo**

Para esta segunda etapa, se busca establecer los valores meta a cumplir según las diferentes necesidades establecidas en la etapa anterior. El definir valores ideales y marginales para las necesidades que lo ameriten es de suma importancia para un mejor entendimiento, cuantitativamente, del nivel de cumplimiento de la solución propuesta respecto a lo solicitado por el cliente.

Lo anterior fue posible entonces por medio del establecimiento de métricas que respondieran a necesidades específicas. Para ello entonces se siguieron los siguientes pasos:

- Elaborar la lista de métricas
- Establecer valores meta ideales y marginales aceptables
- Reflexionar sobre los resultados y el proceso

- **Generación de conceptos**

Para esta tercera etapa se busca primordialmente la división de un problema complejo en subproblemas más sencillos de resolver, para de esa forma realizar una búsqueda exhaustiva de soluciones pertinentes a problemas en específico. De esta

forma es posible establecer diferentes conceptos que nos permitan relacionar posibles soluciones para los diferentes subproblemas identificados.

Para cumplir con lo anterior se siguieron los siguientes pasos:

- Aclarar el problema
- Buscar externa e internamente
- Explorar sistemáticamente

• **Selección de conceptos**

En esta etapa, de entre una serie de conceptos definidos de la sección anterior, se busca la aplicación de ciertos filtros para la discriminación de los conceptos menos competitivos basados en los pesos establecidos por el cliente respecto a los requerimientos para la solución, hasta llegar a un puntaje que justifique el mejor concepto a implementar.

Entonces, para la selección del concepto ganador, se siguieron los siguientes pasos:

- Filtrado de conceptos:
 - Evaluación de conceptos con matriz de filtrado
 - Ordenar conceptos
 - Combinar y mejorar conceptos
- Evaluación de conceptos:
 - Evaluación de conceptos con matriz de evaluación
 - Seleccionar concepto ganador
 - Reflexionar sobre el resultado

• **Definición de pruebas de validación de conceptos**

Para esta última etapa de la metodología, se busca el diseño de pruebas de validación que puedan responder al grado de cumplimiento de la solución, según las especificaciones que se definieron para el objetivo específico 1.

Esta etapa responde directamente al objetivo específico 5 y se aborda no en este capítulo, si no hasta el capítulo 5 de Resultados y Análisis.

3.2 Actividades por objetivo específico

3.2.1 Objetivo específico 1

Objetivo: Establecer una serie de especificaciones que respondan adecuadamente a los requerimientos del cliente y el grado de cumplimiento que se espera de la solución.

Para el cumplimiento de dicho objetivo, las actividades respectivas se centran en las tareas descritas en la sección anterior para la primera y segunda etapa de la metodología.

3.2.2 Objetivo específico 2

Objetivo: Diseñar un sistema mecánico que permita llevar a cabo el control de acceso a las EPA y el aislamiento de los módulos involucrados en la solución.

Para el cumplimiento de este objetivo de diseño, en el contexto de los requerimientos mecánicos de la solución, se deben abordar todos los pasos de la metodología descrita en el actual capítulo, de forma que podamos definir lo siguiente:

1. Las necesidades entorno al sistema mecánico para el control de acceso.
2. El grado de cumplimiento requerido para este sistema.
3. La generación de conceptos de solución que se adapten a los dos primeros puntos.
4. La selección del concepto de solución que mejor se responda a los dos primeros puntos.

Una vez claro el o los conceptos de solución seleccionados en base a lo anterior y que respondan a dicho objetivo, según se detalla en el capítulo 4 respectivo a la

propuesta de diseño, con previa consideración de los factores para el adecuado cumplimiento general de la solución, se selecciona el o los componentes que mejor respondan a este objetivo y las necesidades del cliente.

Por último, y como se detalla en el capítulo 5 de resultados y análisis, se valida adecuadamente el sistema que responde a este objetivo para corroborar su nivel de cumplimiento según lo definido bajo el objetivo específico 1.

3.2.3 Objetivo específico 3

Objetivo: Diseñar un sistema de naturaleza electrónica que permita llevar a cabo las verificaciones necesarias para garantizar un acceso seguro a las EPA.

Para este caso, debido a la semejanza con el objetivo anterior a la hora de ser ambos objetivos enfocados al diseño, se debe seguir la misma serie de tareas y pasos detallados para el objetivo específico 2. Claro está, ahora enfocado en la electrónica necesaria para el sistema para el cumplimiento de las necesidades respectivas definidas por el cliente para este ámbito.

3.2.4 Objetivo específico 4

Objetivo: Automatizar la toma y almacenamiento de datos de las verificaciones realizadas.

De forma similar, para llevar a cabo este objetivo de automatización, se realizan las mismas actividades que para los objetivos específicos 2 y 3, pero con una actividad extra detallada en la propuesta de selección enfocada en los pasos necesarios y específicos a nivel de configuración de redes y software para lograr dicha automatización del registro y almacenamiento de datos.

3.2.5 Objetivo específico 5

Objetivo: Validar el correcto funcionamiento del sistema diseñado por medio de al menos pruebas de concepto.

Las actividades para este último objetivo específico se detallan en el capítulo 5 de resultados y análisis. Estas consisten específicamente en:

1. El diseño de una o varias pruebas de validación, que responda apropiadamente a la evaluación del grado de cumplimiento de los diferentes subsistemas que conforman el sistema diseñado, según las especificaciones planteadas por el cliente.
2. Luego de la obtención de la solución, se aplica la o las pruebas de validación diseñadas para la recopilación de datos para los diferentes subsistemas de la solución.
3. De los datos recopilados, se procede a documentar y analizar los mismos.
4. De los resultados y análisis obtenidos, se determina el grado de cumplimiento de los diferentes subsistemas y por lo tanto de la solución en general

En base a lo anterior, podemos validar el sistema diseñado. Si los grados de cumplimiento alcanzados bajo las actividades anteriores responden conformemente a las especificaciones y valores planteados para el objetivo específico 1, podemos afirmar un correcto funcionamiento de la solución en la sección de conclusiones del informe.

3.3 Proceso de diseño de la solución

Con relación a la sección anterior, este apartado se basa como tal en las tareas ejecutadas para cada etapa descrita anteriormente, donde se desarrolla todo el proceso de diseño según la metodología seleccionada.

3.3.1 Identificación de las necesidades del cliente

- **Recopilar datos del cliente (sin procesar)**

Luego de la presentación general del problema a resolver visto en el capítulo 1 de este informe, para esta primera parte de la identificación de las necesidades del cliente, fueron necesarias dos entrevistas. La primera, donde se recopiló toda la información base sobre los requerimientos para una solución complaciente; y la segunda, para terminar de aclarar cualquier duda respecto a la información recopilada de la primera.

Para lo anterior se entrevistó entonces al gerente del departamento de TTR. Departamento donde se realizó este proyecto como plan piloto para una eventual implementación en las EPA de la empresa.

Entonces, se realizó toda una serie de preguntas para entender los requerimientos de la solución. Para esta parte fue de suma importancia escuchar activamente al cliente y sin realizar preguntas que pudiesen sesgar el rumbo de lo que se buscaba en la solución. Como se comentaba anteriormente, para la segunda entrevista se realizaron algunas preguntas extra con el fin de haber entendido correctamente la voluntad del cliente.

- **Interpretar los datos sin procesar en términos de las necesidades del cliente**

De la información recopilada en las entrevistas y eventuales interacciones con el cliente (como parte de la iteratividad del proceso), luego de interpretar las respuestas dadas a las preguntas planteadas, se definieron las siguientes necesidades del cliente:

- ✓ El sistema diseñado verifica el correcto funcionamiento de las taconeras antiestática.
- ✓ El sistema diseñado verifica el correcto funcionamiento de la pulsera antiestática.
- ✓ El sistema diseñado valida el resultado de las verificaciones para la pulsera y las taconeras antiestática según lo establecido en el estándar ANSI/ESD S20.20-2021.
- ✓ El sistema diseñado verifica la identificación de la persona con la tecnología de gafetes actual con la que cuenta la empresa.
- ✓ El sistema diseñado permite el acceso a las EPA por medio del conjunto de verificaciones de ambas taconeras, la pulsera y la identificación del colaborador.
- ✓ El sistema diseñado permite observar en tiempo real el resultado de las verificaciones de la pulsera y taconeras antiestática.
- ✓ El sistema diseñado permite observar en tiempo real la identificación del colaborador.

- ✓ El sistema diseñado cumple con el estándar ISO/IEC 17025.
- ✓ El sistema diseñado permite un paso bidireccional en caso de emergencia.
- ✓ El sistema diseñado solo permite el paso de una persona a la vez hacia las EPA.
- ✓ El sistema diseñado cumple en general con el estándar ANSI/ESD S20.20-2021.
- ✓ El sistema diseñado tiene un costo accesible.
- ✓ El sistema diseñado es capaz de guardar los resultados en una base de datos.
- ✓ El sistema diseñado es automatizado.
- ✓ El sistema diseñado es lo más uniforme posible.
- ✓ El sistema diseñado es estético.
- ✓ El acceso debe tener un tiempo de acción corto.
- ✓ El sistema diseñado debe poder proteger su integridad de hardware y software para evitar modificaciones o eludir su función.

- **Jerarquizar las necesidades**

Una vez con las necesidades del cliente definidas del punto anterior se llevó a cabo la jerarquización de estas, donde se clasificaron en necesidades primarias y secundarias. Aquí se entienden necesidades secundarias como las que se mantuvieron según el planteamiento del punto anterior y las primarias como las que surgieron de la integración de diversas secundarias que podían ser un poco redundantes al responder a una necesidad un poco más general.

A continuación, se enlistan las necesidades definidas luego de dicha jerarquización:

Necesidades primarias:

- El sistema diseñado es capaz de realizar la verificación del correcto funcionamiento de la pulsera y las taconeras antiestática, cumpliendo con el estándar ANSI/ESD S20.20-2021.
 - El sistema diseñado verifica el correcto funcionamiento de las taconeras antiestáticas.
 - El sistema diseñado verifica el correcto funcionamiento de la pulsera antiestática.

- El sistema diseñado valida el resultado de las verificaciones para la pulsera y taconeras antiestática según lo establecido en el estándar ANSI/ESD S20.20-2021.
- El sistema diseñado permite el acceso de una persona a la vez a las EPA, con un tiempo de acción corto.
 - El sistema diseñado solo permite el paso de una persona a la vez a las EPA.
 - El acceso se realiza en un tiempo de acción corto.
- El sistema diseñado es lo más uniforme, estético y aislado posible.
 - El sistema diseñado es lo más uniforme posible.
 - El sistema diseñado es estético.
 - El sistema diseñado debe poder proteger su integridad de hardware y software para evitar modificaciones o eludir su función.

Necesidades secundarias:

- El sistema diseñado permite observar en tiempo real el resultado de las verificaciones de la pulsera y taconeras antiestática.
- El sistema diseñado cumple en general con el estándar ANSI/ESD S20.20-2021.
- El sistema diseñado verifica la identificación del colaborador con la tecnología de gafetes actual con la que cuenta la empresa.
- El sistema diseñado permite observar en tiempo real la identificación del colaborador.
- El sistema diseñado permite el acceso a las EPA por medio del conjunto de verificaciones de ambas taconeras antiestática, la pulsera antiestática y la identificación del colaborador.
- El sistema diseñado permite un paso bidireccional en caso de emergencia.
- El sistema diseñado cumple con el estándar ISO/IEC 17025.
- El sistema diseñado tiene un costo accesible.

- El sistema diseñado es capaz de guardar los resultados en una base de datos.
- El sistema diseñado es automatizado.

Necesidades finales y en orden lógico:

1. El sistema diseñado es capaz de realizar la verificación del correcto funcionamiento de la pulsera y las taconeras antiestática, cumpliendo con el estándar ANSI/ESD S20.20-2021.
 2. El sistema diseñado permite observar en tiempo real el resultado de las verificaciones de la pulsera y taconeras antiestática.
 3. El sistema diseñado verifica la identificación del colaborador con la tecnología de gafetes actual con la que cuenta la empresa.
 4. El sistema diseñado permite observar en tiempo real la identificación del colaborador.
 5. El sistema diseñado permite el acceso a las EPA por medio del conjunto de verificaciones correctas de ambas taconeras antiestática, la pulsera antiestática y la identificación del colaborador.
 6. El sistema diseñado permite el acceso de una persona a la vez a las EPA, con un tiempo de acción corto.
 7. El sistema diseñado cumple en general con el estándar ANSI/ESD S20.20-2021.
 8. El sistema diseñado cumple con el estándar ISO/IEC 17025.
 9. El sistema diseñado es lo más uniforme, estético y aislado posible.
 10. El sistema diseñado permite un paso bidireccional en caso de emergencia.
 11. El sistema diseñado tiene un costo accesible.
 12. El sistema diseñado es capaz de guardar los resultados en una base de datos y generar reportes.
 13. El sistema diseñado es automatizado.
- **Categorizar las necesidades**

Luego del paso anterior, se envió un formulario al cliente para la categorización de las necesidades primarias y secundarias en una clasificación del 1 al 5. Es decir, según [3], se clasifican las necesidades en 5 niveles de importancia, para entender el peso de cada una. Esto bajo el siguiente esquema:

1. La función es indeseable. No consideraría un producto con esta función.
2. La función no es importante, pero no me importaría tenerla.
3. Sería bueno tener esa función, pero no es necesaria.
4. La función es altamente deseable, pero consideraría un producto sin ella.
5. La función es de importancia crítica. No consideraría un producto sin esta función.

En la Tabla 3-1, se tienen los resultados de dicha categorización por parte del cliente.

Tabla 3-1. Categorización de las necesidades.

Numero de necesidad	Necesidad interpretada	Importancia
1	El sistema diseñado es capaz de realizar la verificación del correcto funcionamiento de la pulsera y taconeras antiestática, cumpliendo con el estándar ANSI/ESD S20.20-2021.	5
2	El sistema diseñado permite observar en tiempo real el resultado de las verificaciones de la pulsera y taconeras antiestática.	3
3	El sistema diseñado verifica la identificación del colaborador con la tecnología de gafetes actual con la que cuenta la empresa.	4

4	El sistema diseñado permite observar en tiempo real la identificación del colaborador.	3
5	El sistema diseñado permite el acceso a las EPA por medio del conjunto de verificaciones correctas de ambas taconeras antiestática, la pulsera antiestática y la identificación del colaborador.	5
6	El sistema diseñado permite el acceso de una persona a la vez a las EPA, con un tiempo de acción corto.	5
7	El sistema diseñado cumple en general con el estándar ANSI/ESD S20.20-2021.	5
8	El sistema diseñado cumple con el estándar ISO/IEC 17025.	4
9	El sistema diseñado es lo más uniforme, estético y aislado posible.	3
10	El sistema diseñado permite un paso bidireccional en caso de emergencia.	5
11	El sistema diseñado tiene un costo accesible.	3
12	El sistema diseñado es capaz de guardar los resultados en una base de datos y generar reportes.	4
13	El sistema diseñado es automatizado.	4

3.3.2 Establecimiento de especificaciones objetivo

- **Elaborar la lista de métricas**

Con las necesidades definidas y la importancia de cada una, para esta parte se formuló una lista de métricas que permitan evaluar el grado de cumplimiento de estas.

En la Tabla 3-2, tenemos entonces un resumen de las necesidades, su importancia, el enunciado de su o sus métricas asociadas, entre otros.

Tabla 3-2. Lista de métricas y sus respectivas unidades.

Métrica	Necesidad	Descripción	Importancia	Unidad
1	1	Porcentaje de “falsos positivos” aceptable de verificaciones de insumos antiestática bajo el estándar ANSI/ESD S20.20-2021.	5	%
2	2	Presencia de interfaz que permita la visualización del resultado en tiempo real de las verificaciones de los insumos antiestática.	3	Binario
3	3	Porcentaje de identificaciones correctas.	4	%
4	4	Presencia de interfaz que permita la visualización de la identificación del colaborador.	3	Binario
5	5	Porcentaje de respuestas lógicas satisfactorias para el control de acceso.	5	%
6	6	Cantidad de personas que pueden pasar por acceso permitido.	5	Personas/ Acceso permitido

7	6	Cantidad de accesos por minuto.	5	Personas/ Minuto
8	6	Porcentaje de accesos mecánicos satisfactorios.	5	%
9	7	Cumplimiento general del estándar ANSI/ESD S20.20-2021.	5	Binario
10	8	Cumplimiento del estándar ISO/IEC 17025.	4	Binario
11	9	Capacidad de contener sus módulos más importantes aislados sin comprometer la funcionalidad.	3	Binario
12	10	Capacidad de paso bidireccional	5	Binario
13	11	Costo total de la solución	3	\$
14	12	Cantidad de datos guardados por acceso permitido.	4	Datos/ Acceso permitido
15	12	Porcentaje de datos guardados correctamente.	4	%
16	13	Necesidad de personal para operar.	4	Binario

- **Establecer valores meta ideales y marginales aceptables**

Normalmente, antes de esta sección, encontraríamos una sección previa en la que se buscaría primero información sobre valores de productos que compiten entre sí, buscando así definir, con lo que hay en el mercado, los valores meta ideales y marginales aceptables justificadamente.

En este caso, cabe destacar, que no buscamos definir estos valores en base a las diferentes posibles opciones de solución; si no que, por el contrario, se buscaron soluciones que se acoplaran a métricas con rangos definidos. Esto por el compromiso que se definió en las necesidades del cliente para contar con una solución que cumpla con diferentes estándares que ya estipulan rangos de operación a seguir.

Entonces, en general, para lo que aplicaba para este proyecto, se definen los posibles valores meta ideales y marginales aceptables en base a lo que dictan los estándares con los que debemos cumplir y otros detalles que ha establecido el cliente anteriormente en las entrevistas. Ver

Tabla 3-3. En la siguiente subsección contamos con la justificación respectiva a las métricas y valores ideales y marginales definidos.

Tabla 3-3. Lista de métricas con valores meta ideales y marginales.

Métri- ca	Descripción	Imp.	Unidad	Valor Ideal	Valor Marginal
1	Porcentaje de “falsos positivos” aceptable de verificaciones de insumos antiestática bajo el estándar ANSI/ESD S20.20-2021.	5	%	≤2	≤3
2	Presencia de interfaz que permita la visualización del resultado en tiempo real de las verificaciones de los insumos antiestática.	3	Binario	Sí	Sí

3	Porcentaje de identificaciones correctas.	4	%	≥ 98	≥ 95
4	Presencia de interfaz que permita la visualización de la identificación del colaborador.	3	Binario	Sí	Sí
5	Porcentaje de respuestas lógicas satisfactorias para el control de acceso.	5	%	≥ 98	≥ 95
6	Cantidad de personas que pueden pasar por acceso permitido.	5	Personas /Acceso permitido	1	≤1
7	Cantidad de accesos por minuto.	5	Personas /Minuto	≥10	≥ 8
8	Porcentaje de accesos mecánicos satisfactorios.	5	%	≥ 98	≥ 95
9	Cumplimiento general del estándar ANSI/ESD S20.20-2021.	5	Binario	Sí	Sí
10	Cumplimiento del estándar ISO/IEC 17025.	4	Binario	Sí	Sí
11	Capacidad de contener sus módulos más importantes aislados sin comprometer la funcionalidad.	3	Binario	Sí	Sí
12	Capacidad de paso bidireccional	5	Binario	Sí	Sí
13	Costo total de la solución	3	\$	≤ 3000	≤ 4000
14	Cantidad de datos guardados por intento de acceso.	4	Datos/ Acceso permitido	≥ 4	≥ 2

15	Porcentaje de datos guardados correctamente.	4	%	≥ 98	≥ 95
16	Necesidad de personal para operar.	4	Binario	No	No

- **Reflexionar sobre los resultados y el proceso**

A continuación, se abarca sobre los razonamientos y justificaciones de las diferentes métricas y valores definidos en la

Tabla 3-3, según el número de métrica:

1) Como parte de los requerimientos, se estipula esta métrica en base al cumplimiento del estándar ANSI/ESD S.20.20-2021, donde se definen entonces los rangos de resistencia para el correcto funcionamiento de la pulsera y taconeras antiestática.

Los resultados para la posterior validación de este punto responden a una matriz de confusión donde podríamos encontrar verdaderos positivos, verdaderos negativos, falsos positivos y falsos negativos. En ese sentido, como la idea es evitar al máximo el ingreso del personal a las EPA sin encontrarse debidamente aterrizados a tierra, se identifica que el caso más crítico es cuando se presente un falso positivo. Es decir, que se garantice el acceso a la EPA, aunque los insumos antiestática no estén funcionando según el estándar.

Entonces, debido a la confiabilidad de este tipo de módulos para los testeos de insumos antiestática y bajo el criterio del cliente, se define como valor ideal un porcentaje menor o igual al 2% de “falsos positivos”. Como máximo, para que la solución sea aceptable, se acepta un 3% o menos de “falsos positivos” ahora como valor marginal.

3) Esta métrica responde directamente a medir el grado de cumplimiento de la lectura de las identificaciones de los clientes, donde para una serie de experimentos, se espera idealmente una confiabilidad de al menos un 98% de

identificaciones satisfactorias, o en su defecto al menos un 95% como valor marginal.

5) Esta métrica responde de forma similar a la primera, con la diferencia que esta no corresponde precisamente al estado de funcionamiento de los insumos antiestática, si no en la respuesta booleana del sistema sobre el acceso según dichas verificaciones, donde se permite o se niega el acceso. Dicha respuesta depende además de la identificación del colaborador.

Al ser la señal responsable de controlar el acceso como tal, se define un valor ideal del 98% de concordancia con las pruebas realizadas o un límite marginal del 95% de asertividad.

6) Se plantea una cantidad en específico de personas por acceso garantizado donde, lo ideal es que pase una única persona por acceso según los requerimientos. Marginalmente puede presentarse la situación de permitirse un acceso y pasar una persona o en su defecto ninguna. Lo que debe quedar claro aquí es que la solución propuesta no puede permitir en ninguna circunstancia el acceso de más de una persona por acceso permitido, pues cada acceso permitido es válido únicamente para la persona que haya realizado la serie de verificaciones respectivas correctamente.

7) Con la característica que se requiere de que la solución propuesta presente un tiempo de acción corto, se pretende poder contar con un flujo seguro de personas hacia las EPA que no comprometan la producción. En ese sentido, el sistema debe ser capaz de permitir cierta cantidad de ingresos a estas áreas en un tiempo dado, claro está, bajo las condiciones establecidas respecto a las verificaciones para cada acceso.

Considerando el tráfico de personas en el departamento de TTR y aspectos como el tiempo promedio en realizar las verificaciones, pasar por el actuador, la respuesta entre los diferentes subsistemas, entre otros; se define con el cliente un promedio ideal y marginal de al menos 10 u 8 ingresos por minuto respectivamente.

8) Para esta métrica, según el criterio del cliente y la confiabilidad de los equipos investigados, se espera que para una serie de accesos garantizados (electrónicamente, en concordancia a la necesidad 5) se cumpla idealmente que, al menos en el 98% de los experimentos, el actuador mecánico permita el ingreso a las EPA. O en su defecto, marginalmente, al menos un 95% de los casos.

13) Luego de empezar un poco con la descomposición funcional del problema, que se abarca mejor en la siguiente sección de este informe, se hace una investigación de las diferentes opciones que ofrece el mercado para satisfacer los diferentes subproblemas identificados. En ese sentido, realizando ciertas comparaciones y promedios de los precios de soluciones para cada subproblema, se calculan precios estimados del conjunto de módulos que podrían resultar en soluciones factibles para este proyecto. Con dicha información se termina de definir el valor ideal y marginal para el precio total de la solución propuesta con ayuda del cliente, que son \$3000 o menos, y \$4000 o menos respectivamente.

14) Entre los resultados que se esperan guardar en la base de datos, idealmente tenemos los valores de resistencia para cada insumo antiestática individual y la identificación del colaborador; con posibilidades de más datos informativos como hora y día de la prueba, entre otros. Por otro lado, marginalmente también es aceptado guardar solo el estado final del conjunto de las verificaciones deseadas, junto con el dato del colaborador que realiza dicha prueba, para un total de 2 o más datos para esta opción.

15) Nuevamente, según el criterio del cliente y confiabilidad de los sistemas investigados, se define un valor ideal de al menos 98% de datos recopilados, donde para cada prueba realizada se espera una serie de datos definidos por el grado de cumplimiento de la métrica 14. Como valor marginal, se espera un cumplimiento de al menos el 95% de datos recopilados como porcentaje aceptable.

Ahora, por la naturaleza de las métricas 2, 4, 9, 10, 11, 12 y 16, que consisten simplemente en reconocer el cumplimiento o bien presencia de estos requerimientos. La unidad binaria es ideal para estos casos.

En los casos de las métricas 9 y 10 con nivel de importancia 5, relacionadas al cumplimiento de los estándares ANSI/ESD S20.20-2021 e ISO/IEC 17025 respectivamente, se pueden clasificar como métricas binarias en el caso de contar al final con soluciones con certificados que respalden estos requerimientos o que no los cumplan del todo. De lo contrario y como parte de un proceso de diseño iterativo, habría que replantear dichas métricas y evaluarlas por medio de pruebas de validación complacientes para estos estándares, que requiere un mayor desafío.

3.3.3 Generación de conceptos

- **Aclarar el problema**

Para abordar correctamente el problema planteado para este proyecto, para este apartado, se buscó primero la identificación de las entradas y salidas del sistema, según lo establecido por el cliente. Ver Figura 3-2.

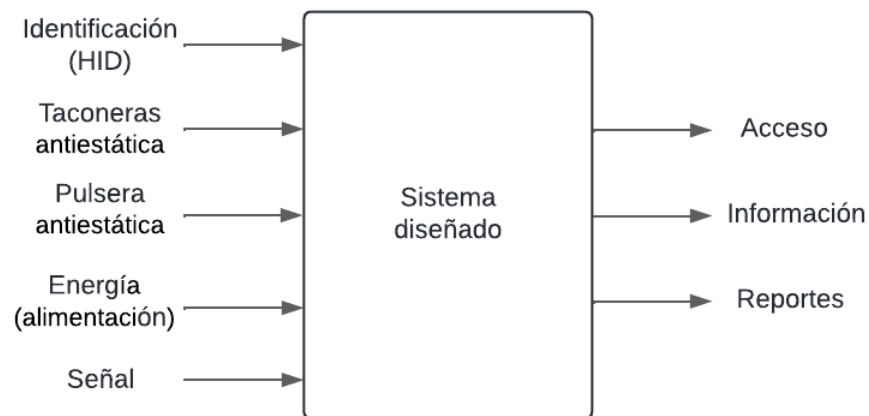


Figura 3-2. Diagramas de bloques de entradas y salidas del sistema.

Una vez con las entradas y salidas definidas, se realizó una descomposición funcional del problema, donde se buscó identificar los problemas específicos que

daban origen al problema general planteado inicialmente por el cliente. Esto con el propósito de poder encontrar y evaluar una serie de opciones de solución para cada uno de estos subproblemas y así poder tener un escenario más claro de las posibilidades de solución con la creación de diferentes conceptos. Ver Figura 3-3.

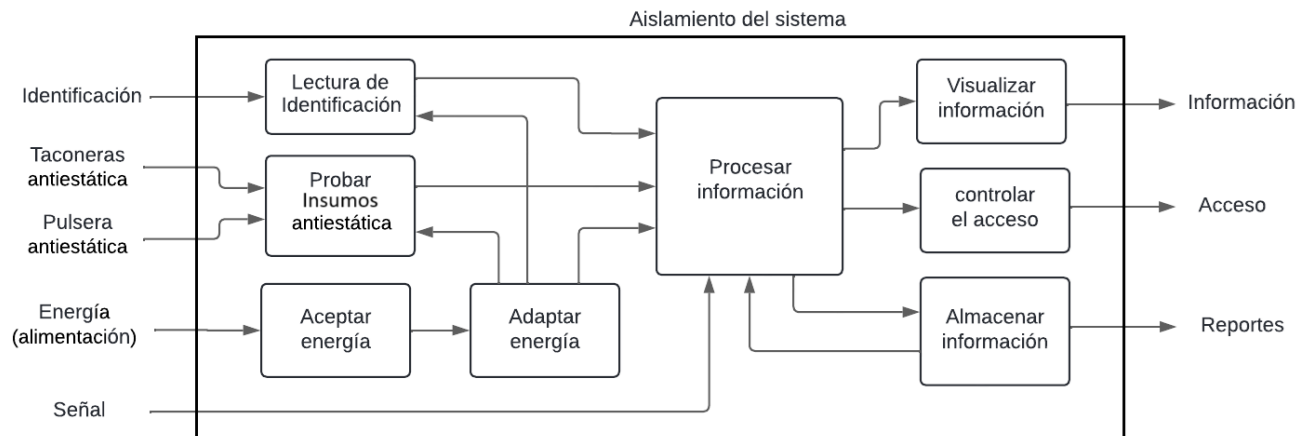


Figura 3-3. Diagrama de bloques de descomposición funcional del problema.

- **Buscar externa e internamente**

Con la descomposición funcional del problema, realizamos una búsqueda externa e interna para cada subproblema con el fin de encontrar la mayor cantidad de conceptos de solución posibles para cada uno. Para la búsqueda interna se realiza una lluvia de ideas y se anotan las opciones válidas según el conocimiento y experiencia personal; luego, para la búsqueda externa, se termina de cubrir las posibilidades de solución por medio de la investigación de diferentes fuentes como literatura, artículos científicos, patentes, páginas web o de proveedores, entre otras. En la Tabla 3-4 se resume la información recopilada.

Cabe destacar que, para esta etapa, no se descartan opciones en base a los requerimientos del cliente, si no que se busca recolectar toda la información posible y tener un mejor panorama con todas las posibilidades con las que se puede contar para la solución de cada subproblema. No es hasta la siguiente sección que empezamos a filtrar las opciones y a combinar los conceptos que mejor se adapten a los requerimientos del cliente con la exploración sistemática.

Tabla 3-4. Conceptos encontrados para los diferentes subproblemas.

SUBPROBLEMA	CONCEPTOS	POSIBILIDADES
Aceptar energía	Conexión a red eléctrica de la empresa	Conexión estándar (Ej: AC – 110V/220V)
		Con adaptadores de corriente
	Fuentes de alimentación dedicadas	Con adaptadores de corriente
		Reguladas
	Sistemas de alimentación interrumpida (UPS)	Con protección contra cortes de energía (Ej: APC Back – UPS Pro)
		Para mantener sistemas críticos operativos durante cortes prolongados
Adaptar energía	Reguladores de voltaje	Lineales o conmutados
		Ajustables
	Convertidores AC/DC	Para módulos electrónicos
		Para integración con diferentes dispositivos
	Convertidores DC/DC	Set up – Set down
		De conversión de voltaje para diferentes requisitos
	Sistemas de protección contra sobrecarga y cortocircuito	Fusibles y protectores de sobrecarga
		Sistemas integrados en la fuente de alimentación
Lectura de identificación	Lectores RFID	Lector RFID HID iCLASS
		Lector RFID HID Prox
		Lector RFID UHF
	Lectores NFC	Tarjetas inteligentes NFC
		Integración con smarthphones

	Reconocimiento biométrico	Sensores de huellas dactilares
		Cámaras de reconocimiento facial
	Códigos QR o de barras	Lectores de QR con conexión a base de datos
		Identificación basada en códigos de barras
	Lectores de tarjetas magnéticas	Banda magnética
		Doble factor: Tarjeta magnética y PIN
Probar insumos antiestática	Pruebas de campo	Portátiles
	Probadores automáticos	De pulsera y taconeras
		Sin que el usuario tenga que activar manualmente el dispositivo
		Con validación de resistencia y alertas
	Sistemas integrados con registro automático	Pruebas de ESD combinadas
		Sin que el usuario tenga que activar manualmente el dispositivo
		Con capacidad de registro automático
		Salida digital
		Pruebas de ESD con conectividad a sistemas de control de acceso
	Procesar información	Microcontroladores
Con capacidad de red (Ej: ESPf32)		
PLCs		Marcas (Ej: Siemens S7 o Allen-Bradley)
		Modulares con capacidad de expansión
Sistemas integrados		(Ej: Raspberry Pi o BeagleBone)

		Con sistema operativo de mayor flexibilidad (Ej: Linux)	
	Servidor/PC	Local	
		Virtual	
Visualizar información	Monitores	Pantallas LCD	
		Pantallas LED	
		Pantallas de alta resolución	
	HMI	Pantallas táctiles	
		Paneles de control	
		Interfaces graficas personalizadas	
Controlar el acceso	Torniquetes	Con control de identificación y ESD	
		Con sensores de paso y validación	
		Mecanismo de liberación de emergencia	
		Con integración de sistemas de control de acceso	
	Barreras físicas	Con control de acceso y remoto	
		Para entrada y salida	
	Cerraduras electromagnéticas	Con control de acceso por identificación	
		Mecanismos de liberación de emergencia	
	Almacenar información	Almacenamiento local en dispositivo	Tarjetas SD o microSD
			Disco duro o SSD
Almacenamiento en base de datos local		Comunes (Ej: SQL, MySQL o SQLite)	
		De gestión (Ej: NoSQL)	
Almacenamiento en base de datos en la nube		(Ej: AWS S3, Google Cloud Storage)	
		De acceso remoto (Ej: Firebase)	

		De respaldo automático en red
Aislamiento del sistema	Carcaza metálica	Aterrizado del equipo
	Carcaza acrílica	Transparencia

- **Explorar sistemáticamente**

Preseleccionado de conceptos por subproblema

Una vez con el resumen de la Tabla 3-4, podemos seguir con la exploración sistemática del problema regresando a los requerimientos de la solución y de esa forma ir filtrando las opciones que mejor se adapten a estas.

Entonces, se busca la combinación de conceptos que tengan sentido entre sí, pero primero debemos llevar a cabo dicha preselección acorde a las necesidades del cliente y así reducir un poco el gran número de posibilidades de combinaciones que se pueden obtener de esta tabla, donde de no ser así se contemplarían muchas de las cuales no van al caso.

Además, luego de la búsqueda externa, es posible observar que existen diferentes proveedores que se han dado la tarea de buscar diferentes soluciones y en diferentes niveles, para satisfacer problemas similares al que se plantea para este proyecto, para otras empresas. Es decir, podemos encontrar ciertos conceptos de solución en el mercado que responden a la vez a un conjunto de distintos subproblemas como los planteados para la descomposición funcional del problema actual.

Tomando eso en cuenta, a continuación, se discute un poco sobre los motivos y razonamientos que llevan a descartar algunas de las opciones de la Tabla 3-4 para la combinación de conceptos.:

- ✓ Aceptar energía:

La idea es que el sistema diseñado se encuentre siempre habilitado, funcionando las 24 horas, los 7 días de la semana. Sin embargo, el proyecto cuenta con un plan de contingencia donde si se pierde la alimentación del equipo no habría

problemas graves. Entonces, en ese sentido y por aspectos de costo y eficiencia, la opción que tiene más sentido es la alimentación directa a la red eléctrica de la empresa, por ser simple y directa. Además, considerando la opción de la adaptación de energía, no se encuentra necesaria la protección que pueda dar la opción de las UPS. De igual forma, tomando lo anterior en cuenta, se descarta también la opción de las fuentes de alimentación dedicadas.

✓ Adaptar energía:

De la investigación previa de diferentes conceptos, se observa cierta variedad entre los niveles de voltaje y de corriente que pueden llegar a utilizar los diferentes módulos a implementar en la solución para satisfacer los diferentes requerimientos solicitados. Esto, de la mano con el subproblema de aceptar la energía donde se decide conectarse a una conexión estándar AC 110V, se reconocen entonces los convertidores de corriente AC/DC como la mejor opción, por su costo económico y versatilidad para diferentes niveles de corriente y voltaje.

Aunque hay sistemas integrados para protección de sobrecarga y cortocircuito como tarjetas de potencia, sus salidas pueden ser un poco limitadas cuando queremos contar con diversos niveles de voltaje y corriente, a pesar de ser más seguras por sus protecciones.

✓ Lectura de identificación:

Como uno de los requerimientos del cliente, se tiene la identificación de los colaboradores con la misma tecnología de los gafetes actuales, la cual corresponde a la tecnología RFID de HID Global, específicamente los "HID 1326 Proximity Card II". En ese sentido, se mantiene la opción de lectores RFID del tipo "Proximity card" o "iCLASS", por las frecuencias con las que se opera. Se descartan las demás.

✓ Probar insumos antiestática:

Se descarta la opción de probadores para pruebas de campo, pues si bien estos sirven para medir el rendimiento de insumos antiestática, estos son diseñados para pruebas en un entorno real de uso portátil.

✓ Procesar información:

Para la solución, por la diversidad de módulos requeridos y el tipo de comunicación esperado para estos, puede que se necesiten opciones versátiles y que permitan amplia gama en la conexión con periféricos e interfaces, para facilitar la integración de módulos. En ese sentido, se descarta la opción de los PLC, ya que las demás tres opciones consideradas para esta parte sugieren ser más flexibles en dichos aspectos.

✓ Aislamiento del sistema:

Se busca colocar el equipo en una EPA, por lo que este se debe poder aterrizar al suelo fácilmente y no debe ser de un material propenso a acumular cargas electroestáticas. En ese sentido se mantiene la carcasa metálica sobre la acrílica por su capacidad para disipar las cargas a través de su estructura por medio de un cable a tierra.

Combinación de conceptos

Luego de las consideraciones anteriores, se definen los elementos de la Figura 3-4 para cada subproblema, como los más apropiados y con sentido lógico para la combinación de conceptos de solución. Como se puede observar en dicha figura, para algunos subproblemas se puede ya dirigir los conceptos de solución por cierta línea. Por otro lado, buscamos la variabilidad en base a los conceptos de solución a los subproblemas más relevantes.

En el caso del control de acceso, los torniquetes se ven como una opción bastante atractiva para la solución. En ese sentido, se consideran dos variables útiles de esta misma categoría como los de tipo horizontal y vertical para la variabilidad de los conceptos, siendo estos a su vez un poco distintos en ciertos aspectos.

Aceptar energía	Conexión estándar		
Adaptar energía	Convertidores de corriente AC/DC		
Lectura identificación	Lectores HID		
Probar insumos antiestática	Probadores integrados	Probador automático	
Procesar información	PC	microcontroladores	Sistemas integrados
Visualizar información	HMI	Monitor	
Controlar acceso	Torniquete horizontal	Torniquete vertical	cerradura electromagnetica Barrera de solapa
Almacenar información	Base de datos local	Base de datos en nube	Base de datos en dispositivo
Aislamiento del sistema	Carcaza metálica		

Figura 3-4. Conceptos seleccionados para combinación de conceptos.

A continuación, se definen los conceptos de solución obtenidos en base a dicha combinación de conceptos:

Concepto A

Concepto basado en probador automático para insumos antiestática, microcontrolador como fuente de procesamiento de información, HMI para visualización e interacción con la información, torniquete vertical como mecanismo de control de acceso y base de datos dispuesta en la nube para almacenamiento de información. Ver Figura 3-5.

Concepto A

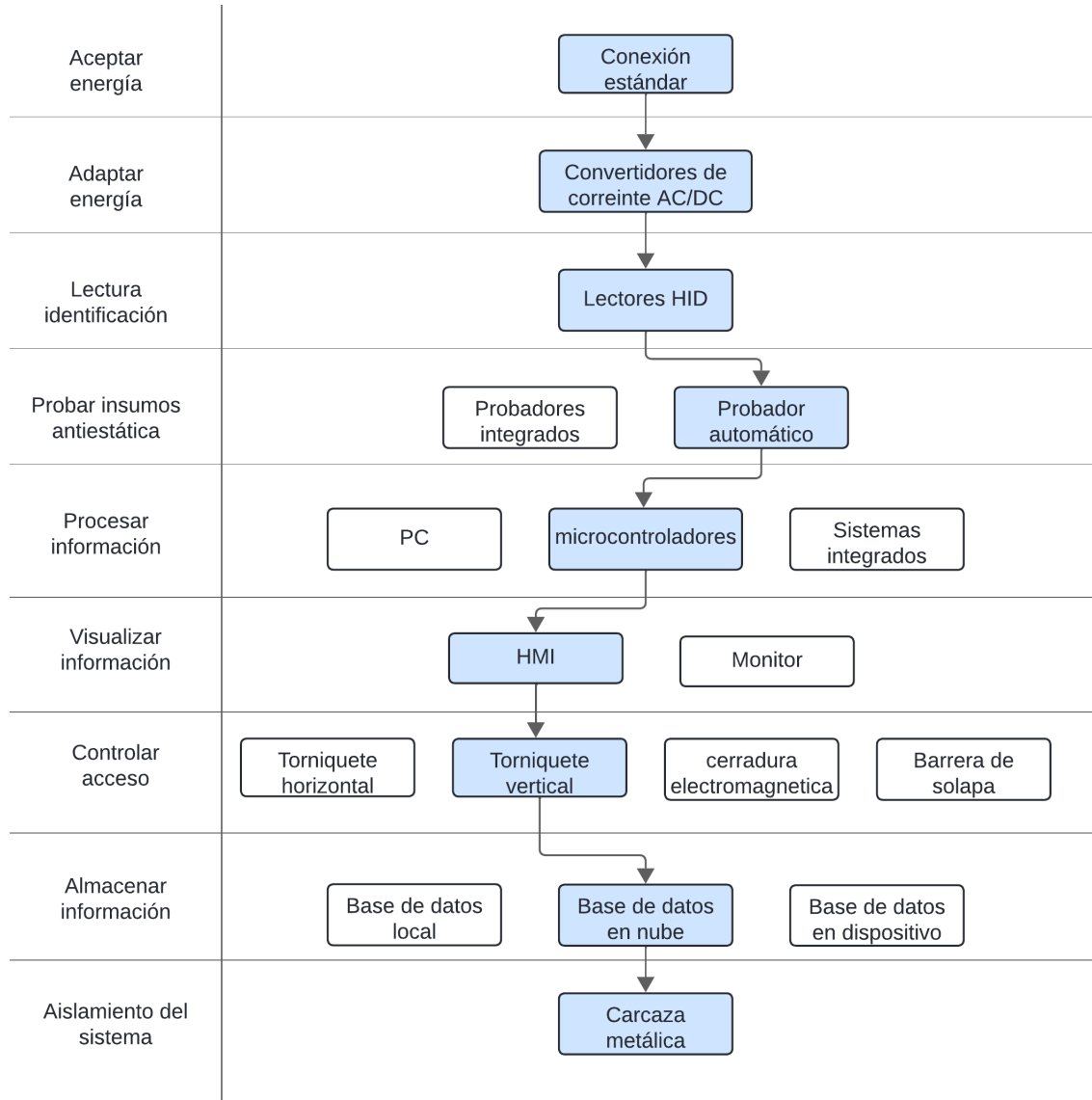


Figura 3-5. Concepto A.

Concepto B

Concepto basado en probador integrado para insumos antiestática, microcontrolador como fuente de procesamiento de información, monitor para visualización de la información, cerradura electromagnética como mecanismo de control de acceso y base de datos en dispositivo para almacenamiento de información. Ver Figura 3-6.

Concepto B

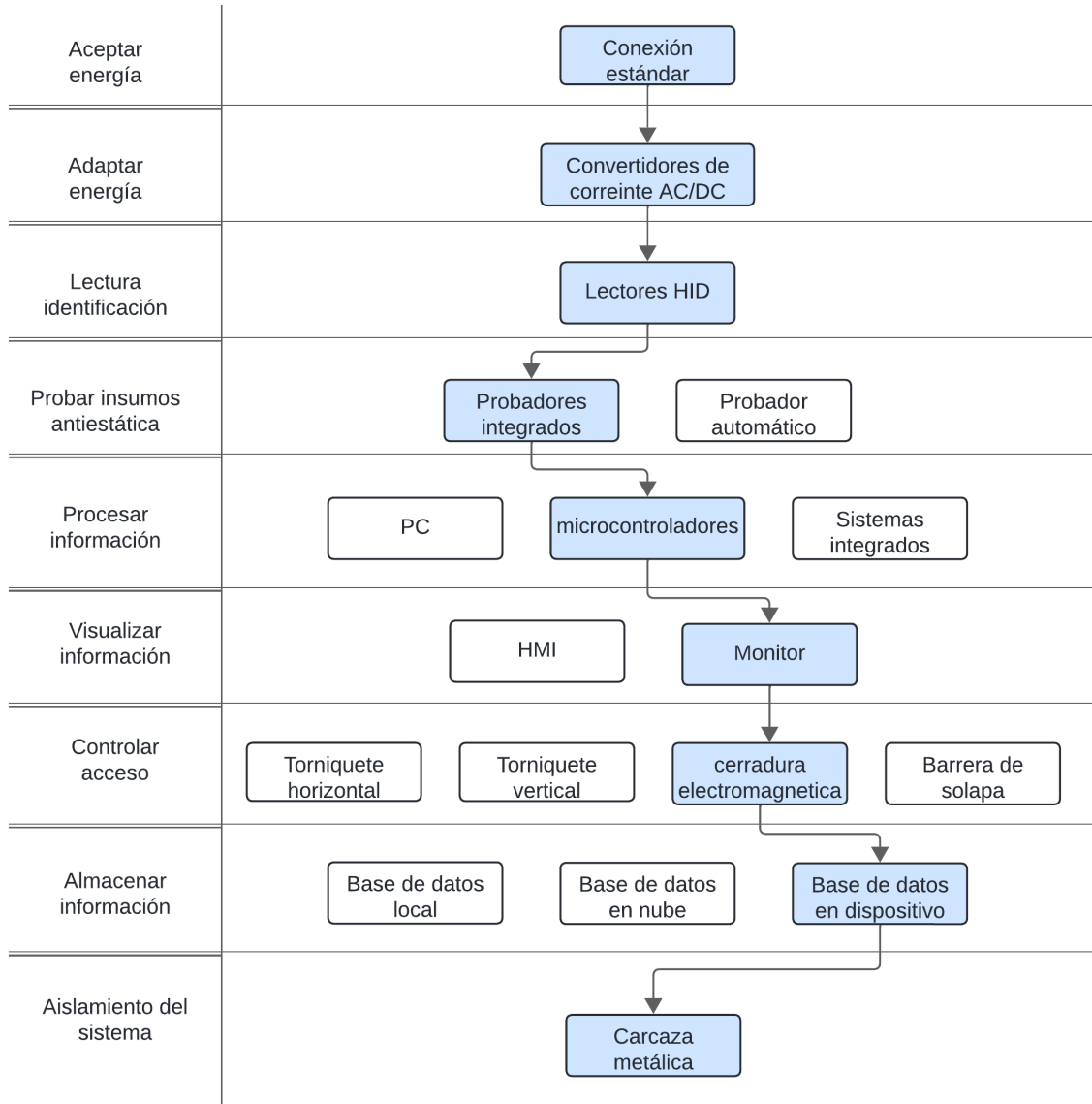


Figura 3-6. Concepto B.

Concepto C

Concepto basado en probador integrado para insumos antiestática, sistema integrado como fuente de procesamiento de información, monitor para visualización de la información, torniquete horizontal como mecanismo de control de acceso y base de datos local para almacenamiento de información. Ver Figura 3-7.

Concepto C

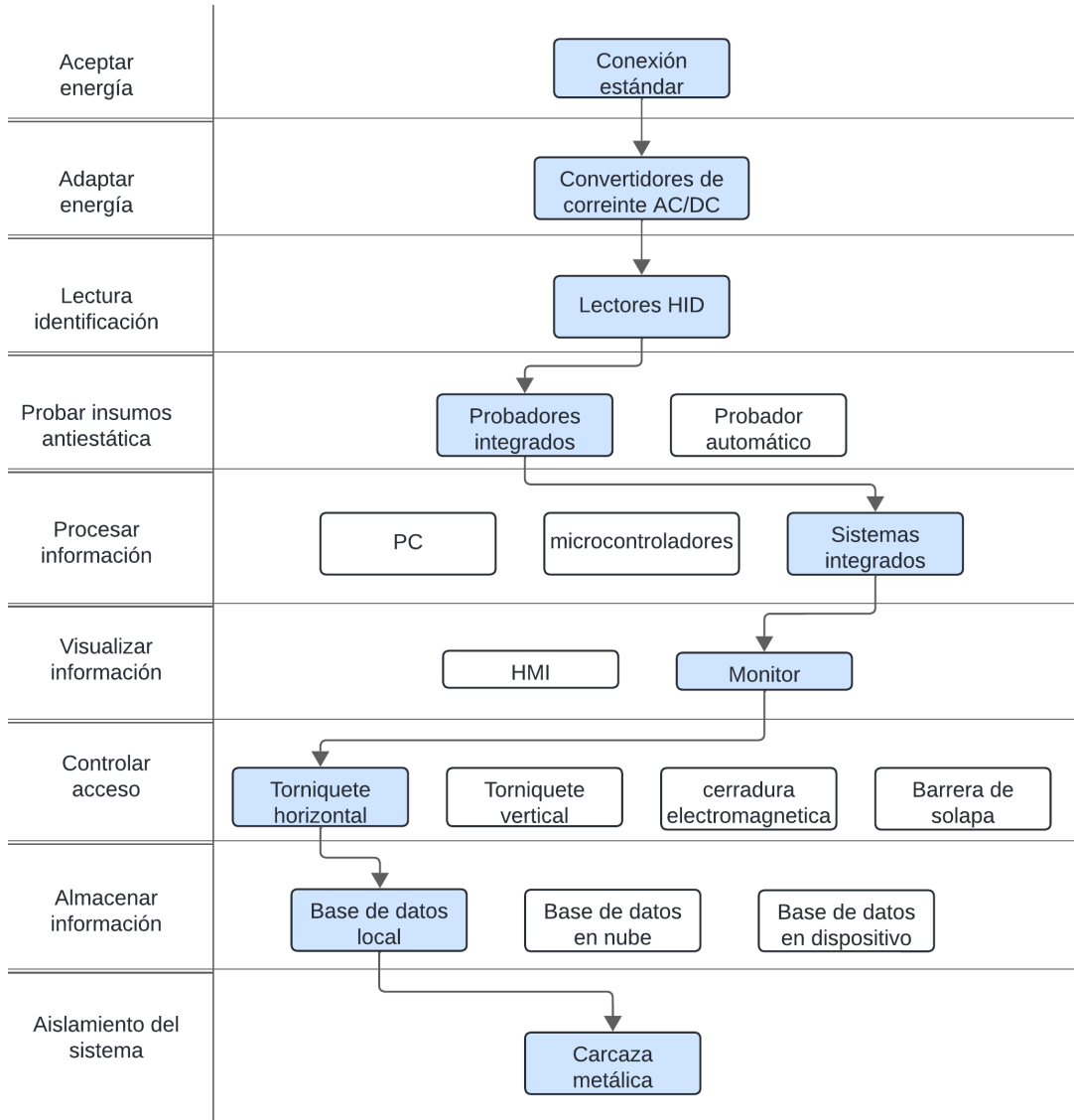


Figura 3-7. Concepto C.

Concepto D

Concepto basado en probador automático para insumos antiestática, PC como fuente de procesamiento de información, HMI para visualización e interacción con la información, torniquete vertical como mecanismo de control de acceso y base de datos en el dispositivo para almacenamiento de información. Ver Figura 3-8.

Concepto D

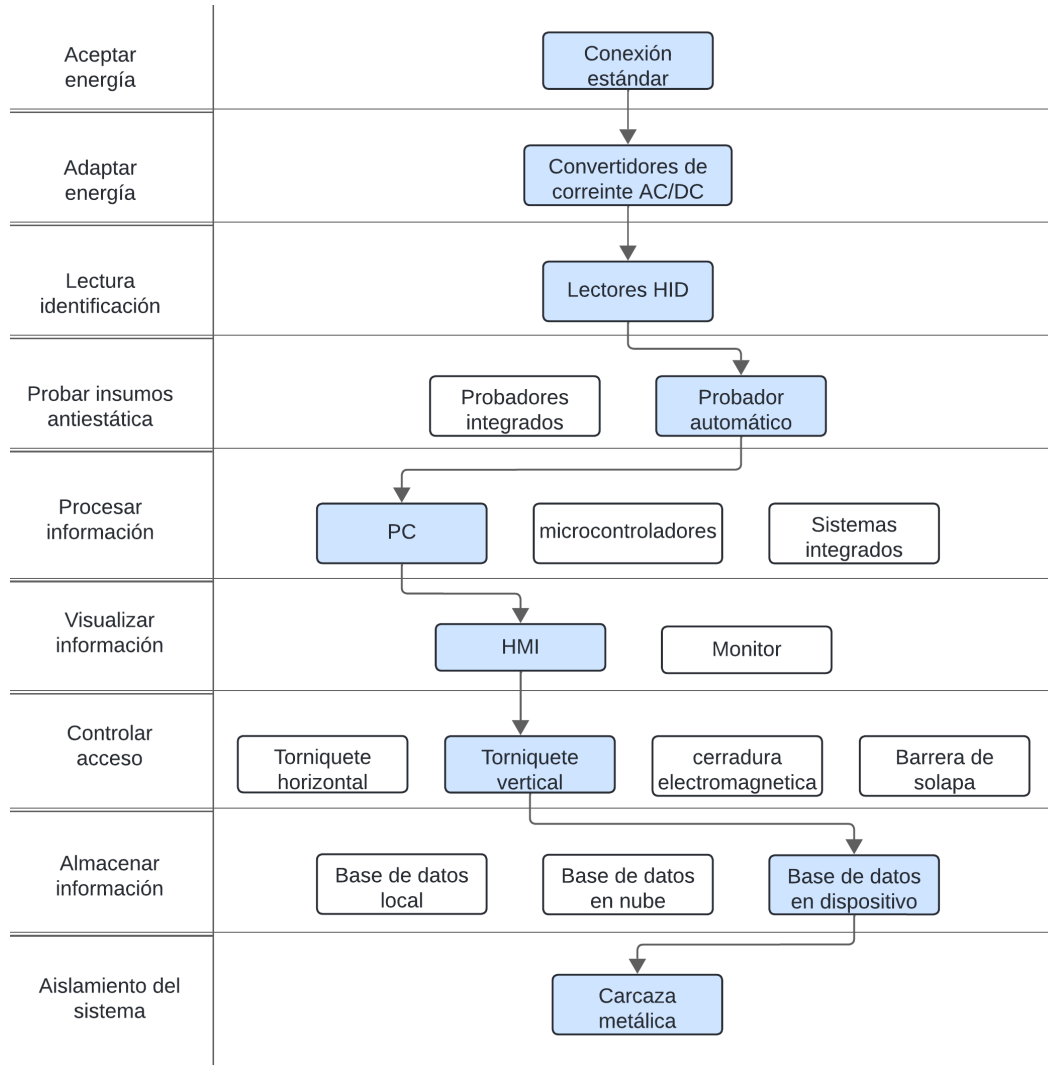


Figura 3-8. Concepto D.

Concepto E

Concepto basado en probador integrado para insumos antiestática, sistema integrado como fuente de procesamiento de información, HMI para visualización e interacción con la información, cerradura electromagnética como mecanismo de control de acceso y base de datos dispuesta local para almacenamiento de información. Ver Figura 3-9.

Concepto E

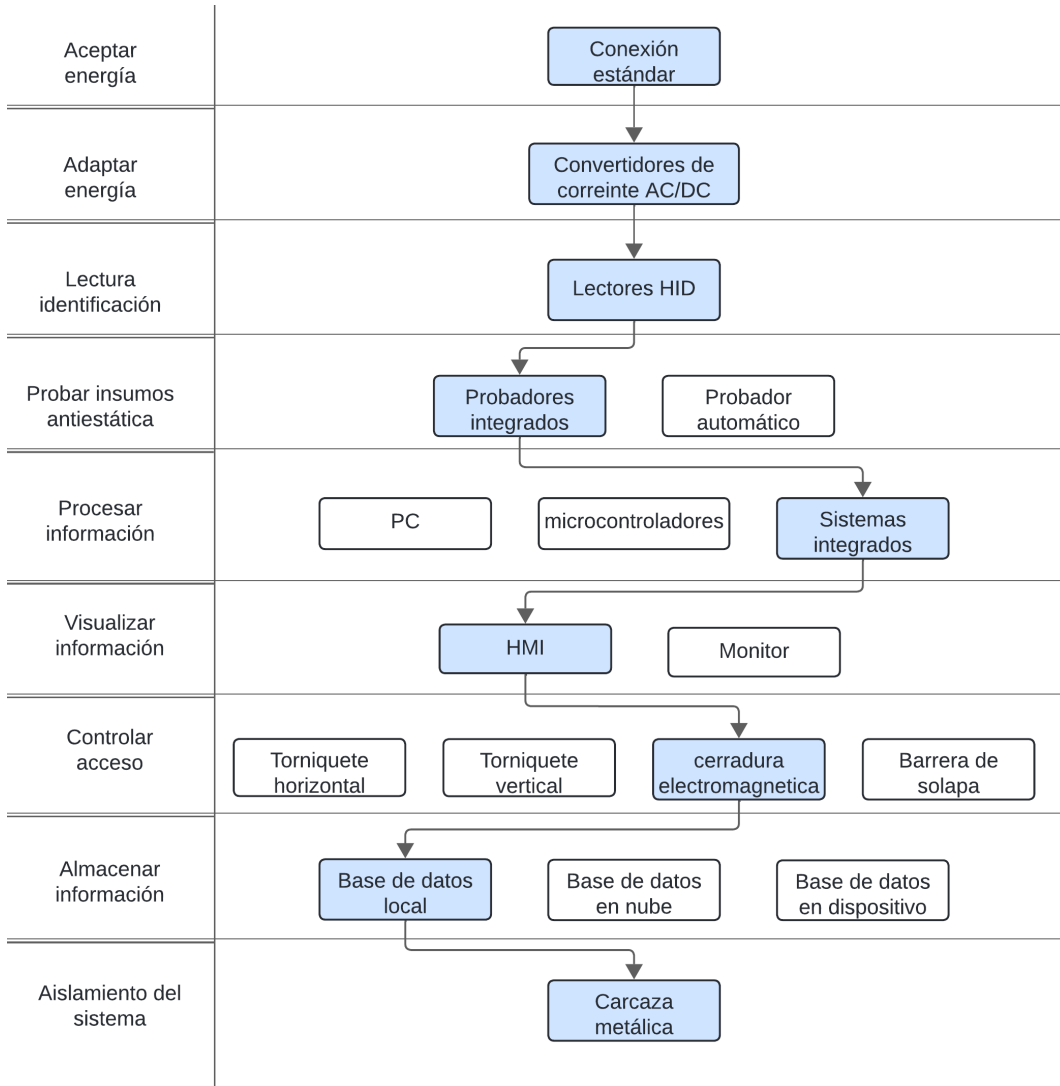


Figura 3-9. Concepto E.

Concepto F

Concepto basado en probador integrado para insumos antiestática, PC como fuente de procesamiento de información, monitor para visualización de la información, barrera de solapa como mecanismo de control de acceso y base de datos dispuesta en la nube para almacenamiento de información. Ver Figura 3-10

Concepto F

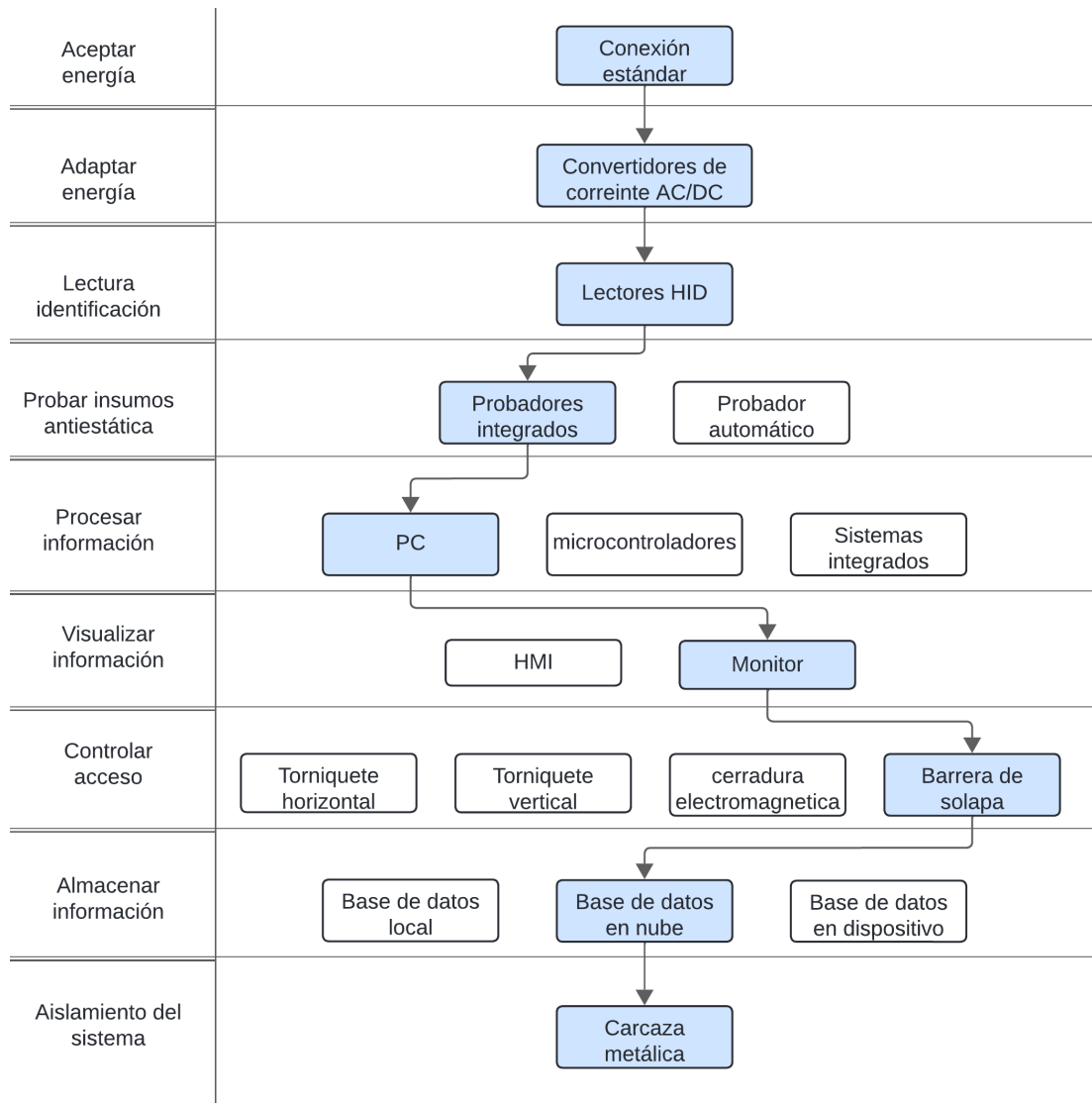


Figura 3-10. Concepto F.

3.3.4 Selección de conceptos

- **Filtrado de conceptos**

Como primera etapa para la selección de conceptos se diseña la matriz de filtrado de la Figura 3-11. El objetivo de esta, según [18], es realizar una primera evaluación comparativa burda, de forma que podamos después evaluar solamente los mejores conceptos. Dicho filtrado se realiza en base al rendimiento de cada concepto respecto a los criterios de selección planteados, que son derivados de las necesidades del cliente. Dicha evaluación se lleva a cabo definiendo uno de los conceptos como referencia, colocando todos sus espacios en "0". A partir de ahí, para los demás conceptos, por criterio, se coloca un:

- "+" si posee un mejor desempeño que la referencia.
- "-" si el desempeño es peor que la referencia.
- "0" si el desempeño es similar a la referencia.

Cabe destacar que al final se descartan algunos criterios de selección que no otorgaban ninguna diferencia para la discriminación de conceptos, como la capacidad de identificación de los colaboradores, por ejemplo, al haberse definido previamente en el diseño que todos los conceptos contarían con el mismo tipo de lectores RFID.

Por otro lado, criterios como el cumplimiento de los estándares ANSI/ESD S20.20-2021 e ISO/IEC 17025 tampoco son tomados en cuenta para esta parte, si no más adelante por su dependencia a los componentes en específico seleccionados para la solución.

Por último, de la necesidad de la base de datos para la solución se deducen un par de criterios de selección extra que igual responden a la misma con tal de poder evaluar mejor los diferentes conceptos respecto a este requerimiento.

Criterio de selección	Conceptos de solución					
	Concepto A	Concepto B	Concepto C	Concepto D (Referencia)	Concepto E	Concepto F
Capacidad del probador para verificaciones de insumos antiestática	0	+	+	0	+	+
Visibilidad de resultados de pruebas en insumos antiestática	0	+	+	0	+	+
Visibilidad de identificación de colaboradores	-	-	0	0	0	0
Capacidad de comunicación con otros módulos para respuesta lógica	-	-	0	0	0	0
Capacidad para controlar el acceso de una persona a la vez	0	-	0	0	-	-
uniformidad y estética del sistema	0	0	+	0	0	+
Cumplimiento de paso bidireccional	0	-	0	0	-	0
Costo	0	+	+	0	+	0
Capacidad de almacenamiento de información	+	0	+	0	+	+
Facilidad de gestión de datos almacenados	+	0	+	0	+	+
Mantenibilidad de base de datos	+	0	-	0	-	+
Facilidad de uso	0	+	+	0	+	+
Suma +	3	4	7	0	6	7
Suma 0	7	4	4	12	3	4
Suma -	2	4	1	0	3	1
Evaluación	1	0	6	0	3	6
Lugar	4	5	2	6	3	1
¿Continuar?	No	No	Sí/Combinar	No	No	Sí/Combinar

Figura 3-11. Matriz de filtrado.

Como se observa en la Figura 3-11, en base a los resultados de la matriz de filtrado, se decide continuar con los conceptos C y F. Además, a su vez se identifica el potencial de evaluar una tercera opción en base a la combinación de estos dos conceptos para crear el concepto CF, buscando la unión de las mejores características de ambos. Como resultado, se obtiene el concepto de la Figura 3-12 como un concepto adicional que también se evalúa en la matriz de evaluación. Dicho concepto se basa en un probador integrado para insumos antiestática, sistema integrado como fuente de procesamiento de información, monitor para visualización de la información, torniquete

horizontal como mecanismo de control de acceso y base de datos dispuesta en la nube para almacenamiento de información.

Concepto CF

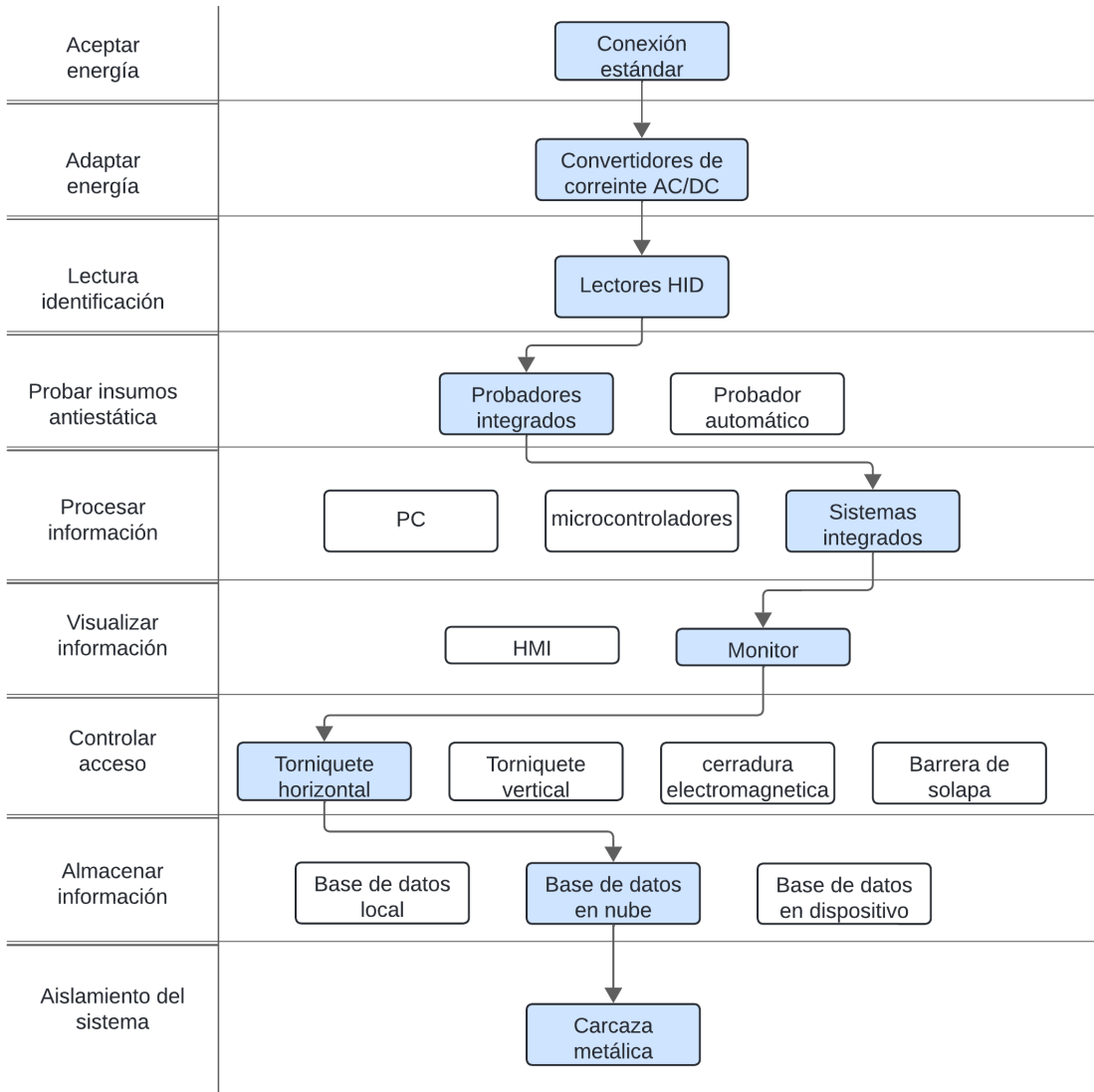


Figura 3-12. Concepto CF.

- **Evaluación de conceptos**

Como se observa en la Figura 3-13, tenemos el diseño de la matriz de evaluación, donde mantenemos los mismos criterios de selección que la matriz anterior, con la excepción de que ahora se les asigna un peso a dichos criterios y se realiza una evaluación comparativa más estricta entre los mejores conceptos restantes. Donde ahora en vez del “+”, el “-” y el “0” se usa la siguiente denominación para la calificación:

- ❖ Calificación 1: Mucho peor que la referencia.
- ❖ Calificación 2: Peor que la referencia.
- ❖ Calificación 3: Igual que la referencia.
- ❖ Calificación 4: Mejor que la referencia
- ❖ Calificación 5: Mucho mejor que la referencia.

Criterio de selección	Peso	Conceptos de solución					
		Concepto C		Concepto CF (Referencia)		Concepto F	
		Calificación	Evaluación	Calificación	Evaluación	Calificación	Evaluación
Capacidad del probador para verificaciones de insumos antiestática	15%	3	0.45	3	0.45	3	0.45
Visibilidad de resultados de pruebas en insumos antiestática	5%	3	0.15	3	0.15	3	0.15
Visibilidad de identificación de colaboradores	5%	3	0.15	3	0.15	3	0.15
Capacidad de comunicación con otros módulos para respuesta lógica	10%	3	0.3	3	0.3	3	0.3
Capacidad para controlar el acceso de una persona a la vez	15%	3	0.45	3	0.45	2	0.3
Uniformidad y Estética del sistema	5%	4	0.2	4	0.2	3	0.15
Cumplimiento de paso bidireccional	5%	3	0.15	3	0.15	3	0.15
Costo	10%	4	0.4	3	0.3	2	0.2
Capacidad de almacenamiento de información	10%	3	0.3	4	0.4	4	0.4
Facilidad de gestión de datos almacenados	10%	3	0.3	4	0.4	4	0.4
Mantenibilidad de base de datos	5%	3	0.15	5	0.25	5	0.25
Facilidad de uso	5%	3	0.15	3	0.15	3	0.15
Total de puntos		3.15		3.35		3.05	
Lugar		2		1		3	
¿Continuar?		No		Desarrollar		No	

Figura 3-13. Matriz de evaluación.

Cabe destacar, que a pesar de la similitud de los conceptos que pasan a esta segunda ronda, podemos decir que a raíz de la matriz de filtrado se ha pulido la combinación de estos de tal forma que se valoran ahora los mejores de ellos en base ahora pequeñas variaciones que terminan de ayudarnos a definir la opción óptima.

Como resultado de esta matriz de evaluación, podemos definir entonces al concepto CF como el mejor concepto de solución para desarrollar al final de este proceso de selección. Concepto que, por cierto, luego de la investigación de conceptos en la búsqueda externa e interna, se adapta muy bien a las opciones de solución que ofrece el mercado para responder a problemas similares. Para tener una idea un poco más visual del concepto, en la Figura 3-14 se puede observar un boceto de este, inspirado en los componentes seleccionados en el siguiente capítulo del informe como parte de la propuesta de diseño.



Figura 3-14. Boceto de concepto ganador. [21][25][26]

Deteniéndonos un momento a reflexionar sobre el concepto de solución ganador, durante la etapa de filtrado y evaluación, era posible apreciar cierta inclinación a conceptos específicos ya que destacan según el criterio de selección en cuestión.

Por ejemplo, para la selección del mecanismo para controlar el acceso físicamente, se pudo notar cierta preferencia hacia los mecanismos torniquete tipo trípode, aparte de otras características, por su capacidad para regular satisfactoriamente el paso de una persona a la vez.

Por otro lado, para el caso de los probadores para las verificaciones de los insumos antiestática, se tiene cierta afinidad por los probadores integrados por su capacidad en general, tanto de visualización de información como de comunicación con otros módulos.

En fin, dependiendo del criterio de selección, se identifican los módulos involucrados que ofrece cada concepto a evaluar y se les asigna la calificación correspondiente dependiendo de que tan satisfactoriamente cumpla con dicho criterio.

Cabe destacar que para una adecuada selección del concepto ganador es de suma importancia identificar los criterios de selección con mayor relevancia para una solución complaciente y a partir de ahí poder darle mayor peso a los conceptos que vayan respondiendo de mejor manera a estos aspectos.

Capítulo 4: Propuesta de diseño

En este capítulo, luego de la selección del concepto ganador, se detallan los pasos y decisiones tomadas para la escogencia de los componentes que responden a la solución final al problema planteado. Además, la serie de pasos seguidos para llegar a la integración de los módulos que responden a los diferentes subsistemas planteados para el funcionamiento integral del sistema.

Además, se detallan las consideraciones generales más importantes, con el fin de cumplir correctamente con los requerimientos para la solución.

4.1 Aspectos generales por considerar para la selección de componentes

Como se ha comentado anteriormente, parte de los requerimientos de la solución al problema, es la confiabilidad de esta, por medio del respaldo del cumplimiento de los estándares ISO/IEC 17025 y ANSI/ESD S20.20-2021.

En ese sentido, de los múltiples subsistemas planteados para la solución, primero debemos de identificar aquellos que entran a tener efecto en el cumplimiento de estos estándares y verificar entonces que los elementos seleccionados para esta propuesta de diseño sean complacientes, ya sea de forma aislada o en conjunto entre ciertos módulos para cumplir este objetivo.

Entonces, a continuación, por estándar, y la naturaleza de la solución buscada, se aclaran las consideraciones necesarias intrínsecas en esta propuesta de diseño para satisfacer las necesidades del cliente.

Por último, tenemos también una sección general pertinente respecto a aspectos de la compatibilidad entre los elementos buscados para la solución al problema planteado.

Cumplimiento del estándar ISO/IEC 17025

Como se comentó en el marco teórico, para el cumplimiento del estándar en la solución propuesta, es necesario seleccionar componentes que cumplan con una serie

de requisitos o características establecidos por esta. Entonces, según [14], a continuación, se enlistan y detallan los requisitos y detalles implícitos en esta parte del diseño para el cumplimiento de este:

1. Competencia técnica y exactitud de los equipos:
 - a. Requisitos de medición: Los equipos utilizados en mediciones y ensayos deben ser técnicamente competentes.
 - b. Calibración y trazabilidad: Los equipos deben estar calibrados correctamente y dicha calibración debe ser trazable según el estándar.
2. Trazabilidad de las mediciones:
 - a. El sistema debe tener la capacidad de rastrear los datos más relevantes de las mediciones realizadas para garantizar su confiabilidad.
 - b. Registro de datos: Se deben seleccionar componentes que tengan la capacidad de generar registros automáticos y detallados de las mediciones realizadas.

3. Validación de los métodos de prueba:

Los métodos de prueba deben ser validados para asegurar que sean adecuados para el propósito. Es decir, se deben realizar pruebas de validación internas para medir el rendimiento antes de ser implementado. Entre las características buscadas están mediciones estables, con bajo margen de error y validados previamente.

4. Control de calidad de los resultados:

Como un paso posterior a la habilitación del equipo, se deben llevar a cabo controles de calidad del equipo para corroborar su correcto funcionamiento a lo largo del tiempo para asegurar que las mediciones se encuentren dentro de los parámetros establecidos. Aquí se consideran también la inclusión de alertas o mecanismos de advertencia para controlar dichos resultados de las validaciones para que no se desvíen de los límites aceptables.

5. Ambiente controlado:

A la hora de realizar el proceso de validación del equipo, se debe de realizar en un entorno controlado para evitar interferencias que puedan afectar los resultados.

Ahora, la información anterior, bajo el contexto de la solución a este proyecto, nos lleva a la siguiente síntesis:

- Componentes de medición: El probador de insumos antiestática, debe ser preciso, calibrable y con capacidad de almacenar y reportar datos de forma continua. O bien al menos el probador en conjunto con otros módulos debe ser capaz de alcanzar estos requisitos. Además de proveer información detallada sobre los resultados de las mediciones y las alertas o mecanismos de advertencia señalados anteriormente para mantener las mediciones dentro de los límites aceptables.
- Sistemas de identificación: El sistema de control de acceso debe registrar las acciones de verificación en una base de datos para mantener la trazabilidad, identificando adecuadamente al colaborador.
- Software de gestión: Es muy importante considerar un software que permita llevar un adecuado y sencillo control de los resultados de las mediciones para garantizar el correcto funcionamiento de los insumos y el estado de la calibración del dispositivo.
- Entorno y materiales: Las validaciones del sistema diseñado deben ser llevados en un ambiente controlado y en general el diseño debe contemplar la disipación de cargas electroestáticas.

Como es posible apreciar, el cumplimiento de este estándar exige una solución confiable, precisa y conforme a los requisitos de un laboratorio o entorno controlado. En ese sentido, podemos deducir que entre la variedad de productos que podemos encontrar actualmente en el mercado, esto puede ayudar a discriminar mejor las opciones disponibles por las que cumplan con la serie de requisitos planteados.

Cumplimiento del estándar ANSI/ESD S20.20

Ahora, como parte de los requerimientos del cliente y para asegurar que el sistema diseñado cumpla con los requisitos planteados en el marco teórico por este estándar para el control electroestático en las EPA, a continuación, bajo el contexto de este proyecto, se detallan los aspectos técnicos a tomar en cuenta a la hora de la selección de componentes.

Primero que nada, como un aspecto general pero no menos importante, es necesario entender los recursos con los que la empresa cuenta en una EPA para la disipación de cargas electroestáticas y cuáles de ellos se relacionan directamente con el proyecto en cuestión. Teniendo en cuenta que en el piso de TTR, siendo este una EPA, se ha instalado un suelo disipativo a lo largo del perímetro de este, anteriormente se ha seleccionado carcasas de metal, para la estructura del prototipo, como única opción para la solución, en el proceso previo de diseño para la combinación de conceptos. Ahora, para la selección de componentes como tal, debemos seleccionar alguna opción que cumpla con esa condición para la disipación de cargas y que además sea sencillo de conectar a tierra.

Ahora, respecto al probador para los insumos antiestática como las taconera y pulsera antiestática de los que se habló en el marco teórico, según este estándar y lo señalado por ISO/IEC 17025, se debe cumplir con probadores que cumplan con características técnicas como el control de rangos de resistencias dentro de lo que se indica en la Figura 4-1, y dar información detallada de las mediciones indicando por medio de alarmas o mecanismos de advertencia sobre la congruencia con los resultados según estos rangos de resistencia. Lo anterior siempre contando con el registro de esta información para su eventual trazabilidad.

Por otro lado, y siempre de la mano con el cumplimiento del estándar ISO/IEC 17025, aquí también se requiere cierta trazabilidad y el registro de los datos del estado de las mediciones ligadas a la identificación del personal conectadas al sistema de control de ESD, permitiendo el acceso a las EPA a solo aquellas personas que hayan obtenido mediciones acordes bajo lo que se establece en la Figura 4-1.

Technical Requirement	Product Qualification		Compliance Verification	
	Test Method(s)	Required Limit(s)	Test Method(s)	Required Limit(s)
Wrist Strap System	ANSI/ESD S1.1	System Resistance < 3.5 x 10 ⁷ ohms	ESD TR53 Wrist Strap Section	System Resistance < 3.5 x 10 ⁷ ohms
Groundable Static Control Garment System	ANSI/ESD STM2.1	System Resistance < 3.5 x 10 ⁷ ohms	ESD TR53 Garment Section	System Resistance < 3.5 x 10 ⁷ ohms
Footwear/Flooring System – (Both limits shall be met) ⁶	ANSI/ESD STM97.1	System Resistance < 1.0 x 10 ⁹ ohms	ESD TR53 Footwear Section	System Resistance < 1.0 x 10 ⁹ ohms ⁽⁷⁾
	ANSI/ESD STM97.2	Peak Voltage < 100 volts	ESD TR53 Flooring Section	Point to Ground Resistance < 1.0 x 10 ⁹ ohms ⁽⁷⁾

Figura 4-1. Rangos de Resistencia válidos para insumos antiestática en las EPA. [2]

A todo esto, podemos nuevamente hacer una síntesis de la información anterior sobre los puntos más relevantes bajo el contexto de la solución al problema planteado:

- Los componentes relacionados al control de ESD deben funcionar como un sistema de validación de los insumos antiestática de forma precisa y con capacidad de monitoreo continuo
- El control de acceso debe darse en conjunto con una correcta identificación del personal, alineado con el sistema de control de ESD.
- El dispositivo diseñado en general, teniendo como objetivo tenerlo ubicado en una EPA, debe contar con los materiales y sistemas acorde con la descarga electroestática deseada.
- Toda información relacionada a mediciones y aspectos relacionados como el estado del acceso y la identificación del personal debe ser registrado.

En fin, podemos apreciar que, además de los detalles más técnicos abarcados a lo largo de esta primera sección del capítulo, la mayoría de los requisitos solicitados para el cumplimiento de ambos estándares va bastante ligado a los requerimientos que ya se han establecido con el cliente previamente. Teniendo esto en cuenta, podemos explorar ahora las diferentes opciones en el mercado que aún se ajusten a dicha serie de requisitos, requerimientos y especificaciones técnicas, de las cuales, para este último aspecto, se profundiza un poco más en la siguiente sección para la solución a

cada subproblema planteado en la descomposición funcional y no solo los involucrados implícitamente con el cumplimiento de estos.

Compatibilidad entre componentes seleccionados

Antes de continuar con la selección de los diferentes componentes que responden a la descomposición funcional planteada en el capítulo 3, debemos considerar un aspecto importante, que de cierta forma se ha podido evidenciar a lo largo del trabajo.

Sucede que, la solución involucra la integración de múltiples módulos, que deben funcionar en sincronía para que el sistema trabaje satisfactoriamente. En ese sentido, a la hora de la selección de componentes o módulos para esta solución, no podemos dejar a un lado un aspecto tan importante como la compatibilidad y comunicación entre dispositivos como otro factor del mismo diseño.

En otras palabras, no se trata solo de seleccionar los componentes más competentes sin considerar, durante dicha selección, la componente intrínseca de la compatibilidad que deberá tener cada uno de estos elementos individualmente con el resto de las partes involucradas.

Tomando en cuenta lo anterior, se debe seguir un orden estructural y lógico a la hora de la selección de dispositivos, que vayan respondiendo a los requerimientos de mayor peso para la solución, para de esa forma, eventualmente, en base a la escogencia de dispositivos que van otorgando buena base y sustento a nuestra solución, ir definiendo soluciones secundarias que, aunque no sean las de mayor capacidad individualmente, lo sean en conjunto con la integración a esos módulos más relevantes, siempre buscando cumplir los requerimientos del cliente a cabalidad.

Como se ha comentado anteriormente, los sistemas de control de acceso, si bien pueden variar bajo múltiples contextos según los requerimientos de cada cliente o empresa, son un campo estudiado y en el que se ofrecen soluciones innovadoras, incluso para escenarios de ESD en específico. Entonces, la exploración sistemática de elementos para satisfacer las necesidades del cliente debe darse de una forma en que se considere la experiencia y novedad de integración de conceptos que nos ofrece el

mismo mercado. Porque, aunque de forma individual se ofrezcan soluciones muy atractivas, también se han dado la tarea de ofrecer soluciones de diferentes magnitudes, abarcando opciones de conjuntos de módulos diseñados especialmente para responder a su vez a múltiples subproblemas que pueden ser comunes entre clientes que busquen soluciones a problemas similares.

Entonces, con lo anterior, se busca fomentar la idea de que, si bien debemos buscar las mejores soluciones individualmente a cada subproblema planteado, muchas veces podemos encontrar opciones más adecuadas con la selección de un conjunto de módulos ya integrados o pensados para trabajar armoniosamente en conjunto, respondiendo de la forma más satisfactoria, en comparación a la unión de elementos individuales muy competentes, pero sin haber considerado su mutua interacción previamente.

4.2 Diseño del sistema de control de acceso

Esta sección, se enfoca en la justificación de los componentes seleccionados según sus características, siempre en base a los requerimientos del cliente y las consideraciones comentadas en la sección anterior. Esto, empezando por los elementos que responden a los subsistemas más relevantes para la solución, que ayudan a definir una mejor línea de como ir eventualmente definiendo la selección de componentes a los subproblemas secundarios, como el de la adaptación de la energía, por ejemplo.

4.2.1 Selección de probador de insumos antiestática

Como se puede deducir de la sección anterior, la selección del probador de insumos antiestática, en conjunto con el actuador que controla el acceso físico a las EPA, son los elementos más importantes a la hora de validar la solución. En ese sentido se empieza por la selección de este componente con el fin de ir encontrando después soluciones a los demás subproblemas que se adapten de mejor manera a la escogencia de esta.

Como se comentaba anteriormente, la selección de este componente es la que debe seguir de forma más rigurosa el cumplimiento de los requisitos planteados por los estándares hacia los que se apunta cumplir en la solución. Dicho esto, se presentan algunas de las opciones a probadores a considerar, considerando la experiencia que ya tiene la empresa para este insumo y lo que el mercado nos ofrece.

Entonces, a continuación, tenemos primero una descripción general de 3 opciones distintas, de probadores reconocidos en el mercado de diferentes gamas, para este subproblema que tiene gran peso en la solución buscada, para luego abundar más sobre los detalles técnicos de los mismos para la selección del componente ganador:

- **Probador de combinación dual 770758, marca Static Control Solutions (SCS):**

Según la hoja de datos del probador de combinación dual de SCS [19], este es capaz de verificar el correcto funcionamiento de insumos antiestática como las taconeras y pulsera de puesta a tierra de los colaboradores, realizando 3 pruebas independientes simultáneamente (la pulsera y cada taconera). Ver Figura 4-2. Este cuenta con un sistema intuitivo de leds de color amarillo, verde y rojo para indicar respectivamente, si los resultados de las pruebas están por encima del nivel de resistencia límite permitido, si son mediciones correctas, o si están por debajo del límite permitido. Cuando la medición activa el led amarillo o rojo, el dispositivo también activa una señal de advertencia audible para indicar al colaborador de que estas han fallado.

Bajo el contexto del proyecto, este probador nos permite ajustar, por medio de interruptores DIP, el valor de los límites de resistencias deseados. Además, este presenta una terminal de relé para la posibilidad de conexión a un sistema de control de acceso para otorgar el paso solo a los colaboradores que obtengan un resultado satisfactorio.



Figura 4-2. Dual Combination Tester 770758. [19]

- **Probador de correas de muñeca y zapatos 740, marca 3M:**

Según la hoja de datos del probador 740 de la marca 3M [20], este cuenta con dos circuitos de medición aparte para las pruebas de la pulsera y las taconeras antiestática para 3 pruebas que se deben realizar una a la vez. Además, cuenta con un sistema de luces led, una verde y dos rojas, donde por insumo individualmente, la luz verde indica si la medición es satisfactoria y la roja si no lo es. Para el caso de activación del led rojo, puede ser el de la izquierda al led verde con un “<” indicando una resistencia menor a los límites deseados; o bien el de la derecha con un “>” en caso de resistencia mayor al límite establecido. Ver Figura 4-3. En el caso de no usarse por más de 30 minutos, el probador tiene la capacidad de apagarse automáticamente para ahorrar energía, aún si no es mucha.

Este permite ajustar cambiar el límite de resistencia máximo para las mediciones, pero el límite inferior viene ya seteado de forma fija. Además, el dispositivo también permite una conexión a módulos externos como ordenadores y sistemas electrónicos de apertura.

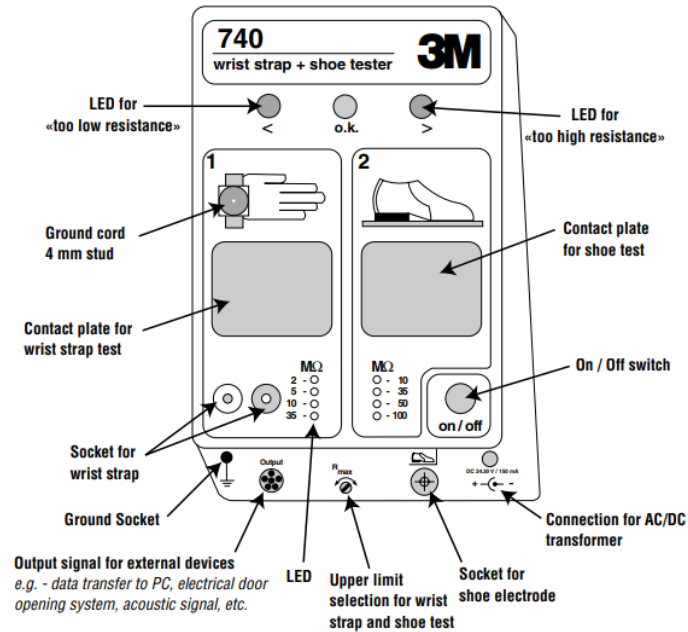


Figura 4-3. 740 Wrist Strap and Shoe Tester. [20]

- **Defensor ESD G4, marca ESD Gate:**

Por último, según [21], el Defensor ESD G4 es un probador de insumos antiestática de última generación. Ver Figura 4-4. Este, al igual que el probador de la marca SCS, es capaz de realizar las mediciones de las taconeras y pulsera antiestática de forma independiente simultáneamente, con la diferencia de que cuenta con un sistema de resultados en pantalla digital que representa con luz verde si la medición es correcta o con luz roja si es incorrecta, para cada insumo independientemente. Además, dicho resultado digital, permite observar el valor de resistencia obtenido para cada insumo en tiempo real.

El dispositivo permite la configuración de diversos límites de resistencia máximo y mínimo según el grado de discriminación que busque el cliente en las pruebas de los insumos de los colaboradores.

Por otro lado, el Defensor ESD G4 admite la integración perfecta con diversidad de módulos para un mayor alcance en aplicaciones de control de acceso, así como la

capacidad de captura y rastreo de la actividad de las pruebas para un registro y redención de cuentas integrales.

El proveedor en cuestión, aparte de este probador combinacional, ofrece otras soluciones interesantes complementarias para sistemas de control de acceso con alta compatibilidad entre módulos, soluciones que consideraremos más adelante para la selección de componentes que respondan a otros de los subproblemas planteados en este proyecto.



Figura 4-4. ESD Defender G4 Combo Tester. [21]

Comparación de probadores seleccionados

Teniendo en cuenta los aspectos generales comentados anteriormente para cada probador, podemos entrar ahora un poco a las competencias técnicas más relevantes de estos módulos para terminar de definir la selección de la solución óptima para el problema a resolver. En la Tabla 4-1. Tabla comparativa de probadores de ESD. , tenemos una comparación en base a las características más importantes de cada probador.

Tabla 4-1. Tabla comparativa de probadores de ESD. [19][20][21]

Característica	740 Wrist Strap and Shoe Tester (3M)	Dual Combination Tester (SCS)	ESD Defender G4 (ESD Gate)
Exactitud (Tolerancias)	±10% para rangos de 2, 5, 10, 35, 50 MΩ;	±20% (1 GΩ calzado), ±10% (otros límites)	±20% (1 GΩ calzado), ±10% (otros límites)

	$\pm 20\%$ para el rango de 100 M Ω		
Rango de resistencia	Hasta 100 M Ω	750 k Ω a 100 M Ω (pulsera), hasta 1 G Ω (calzado)	Según ANSI/ESD S20.20, calibrable con ED311
Conectividad para control de acceso	No	Posibilidad moderada	Sí, alto nivel de integración
Calibración	No especificado	Requiere equipo de calibración externo	Sí, con ED311, permite calibración in situ
Cumplimiento de estándares	Cumple ANSI/ESD S20.20	Cumple ANSI/ESD S20.20	Cumple ANSI/ESD S20.20 Cumple ISO 17025
Precio estimado	\$400 - \$700 (dependiendo de stock)	Alrededor de \$1000	Alrededor de \$875
Pantalla o interfaz	Luces indicadoras	Luces indicadores y alarmas de sonido	Pantalla digital y monitoreo en tiempo real

De la tabla anterior, podemos deducir entonces, que la mejor opción para la solución al subproblema de las pruebas de los insumos antiestática es la selección del producto “ESD Defender G4 Combo Tester”. Este, no solo porque sobresale por el cumplimiento de los estándares deseados, si no que destaca también en capacidad de integración, visualización de información, entre otros. Además, su relación calidad-precio es la mejor de entre las opciones. Ver Figura 4-5.



Figura 4-5. ESD defender G4 adquirido para la solución.

Respecto al cumplimiento de los estándares, en el Apéndice A: Copia de certificado de calibración del probador seleccionado, podemos ver el certificado adjunto del certificado de calibración acreditado por ISO/IEC 17025 para el probador en específico adquirido para la solución.

4.2.2 Selección del lector para identificación RFID

Para la validación de otra de las entradas del sistema, tenemos ahora la selección del lector RFID para la lectura de la tecnología actual de tarjetas de identificación de los colaboradores de la empresa. Dicha tecnología es “HID 1326 Proximity Card II” de la empresa HID Global.

Entre los aspectos técnicos que se deben considerar según [6] y [22] para la selección adecuada de un lector RFID para este tipo de tarjetas RFID, tenemos:

- ✓ Frecuencia de funcionamiento: 125 kHz.
- ✓ Distancias de lectura: Hasta 10 cm.
- ✓ Almacenamiento: Capacidad de 1 a 40 bits de información. El formato más común es el de 26 bits (Wigand). También pueden soportar formatos personalizados.

- ✓ Seguridad: No son encriptadas.
- ✓ Compatibilidad: Compatibles con gran variedad de lectores (depende la conectividad del lector, protocolo de comunicación).

Tomando lo anterior en cuenta, luego de una investigación previa, se realiza una comparación entre 3 modelos de lectores que pueden ser apropiados y competentes técnicamente para la selección de este componente para la solución. Ver Tabla 4-2.

Tabla 4-2. Tabla comparativa de lectores RFID. [23][24][25]

Característica	HID MultiClass SE	HID ProxPoint Plus	T-500SW
Tecnología de lectura	Multi-tecnología (125 kHz y 13.56 MHz)	Proximidad (125 kHz)	Proximidad (125 kHz)
Distancia de lectura	Hasta 10 cm	Hasta 10 cm	Hasta 10 cm
Conectividad	Wiegand, RS-485, USB	RS-232, Wiegand	Wiegand, RS-232
Indicadores	LED y sonido	LED y sonido	LED y sonido
Montaje	Superficie o empotrado	Superficie o empotrado	Superficie
Compatibilidad	Múltiples tecnologías de tarjetas	Tarjetas HID de proximidad	Tarjetas de proximidad
Aplicaciones	Control de acceso y migración de tecnología	Control de acceso	Control de acceso
Precio estimado	\$500 - \$700	\$300 - \$400	\$200 - \$300

Cabe destacar, que la empresa ya cuenta con ciertos sistemas de control de acceso, que fuera del contexto de las EPA, buscan evitar el paso de cualquier persona a ciertas zonas de la planta. Estos controles de acceso son llevados a cabo de forma similar a lo buscado en este proyecto, con los gafetes de la tecnología actual de la empresa y haciendo uso de dos tipos de lectores: Los modelos “ProxPoint Plus” de HID Global y los “T-500SW” de United Technologies. Razón por los que se contemplan estos modelos para su selección para esta parte del proyecto, además de ser los que mejor parecen ajustarse a las necesidades de este luego de la investigación previa para la búsqueda de conceptos en el capítulo anterior.

Como se observa en la Tabla 4-2, estas dos opciones son las más competentes para la solución. Sin embargo, por un tema de disponibilidad en la empresa y como tal el costo que significa este recurso para este proyecto, se selecciona el modelo T-500SW de United Technologies como el componente ganador para la lectura de la identificación de los colaboradores. Ver Figura 4-6.



Figura 4-6. Lector RFID modelo T-500SW de United Technologies. [25]

4.2.3 Selección de actuador para control de acceso y aislamiento del sistema

En el proceso de diseño para la selección del concepto ganador en el capítulo anterior, se definió un mecanismo de torniquete horizontal como el más adecuado para la solución. Puede que este concepto parezca ser una solución bastante estándar, no

obstante, aunque el mecanismo de brazos para el bloqueo es igual para todos, podemos encontrar diferentes sistemas de bloqueo y diseños muy distintos respecto a dimensiones, materiales, entre otros aspectos.

Luego de la búsqueda externa e interna de conceptos relacionados a las opciones de solución para dicho mecanismo de control de acceso y la carcasa para el aislamiento de la solución, fue posible encontrar proveedores con productos complacientes a estos problemas y diseñados especialmente para una implementación con control de ESD. Entre las características pensadas para lo anterior se tienen:

- Dimensiones acordes de la estructura para, a parte del mecanismo del torniquete horizontal, la posibilidad del montaje interno de los módulos necesarios para el control de acceso a una EPA, así como puertas de acceso sencillo a estos módulos instalados a lo interno de la carcasa en caso de ser necesario.
- Materiales adecuados para la disipación de cargas electroestáticas junto con puntos de conexión accesibles para conectar la carcasa a tierra.
- Luces LED intuitivas indicando si los resultados de las mediciones son correctos o no para el acceso.
- Ranuras para la colocación, ahora de forma externa, de interfaces de visualización de la información.

Entonces, para realizar una exploración más detallada y especializada de componentes respecto al contexto de los requerimientos del proyecto, la selección de esta parte mecánica de la solución se da en base a las opciones de estos productos ya previamente pensados para ser implementados en una EPA.

Entre los proveedores que ofrecen este tipo de soluciones, se encontraron dos que han acaparado este mercado debido a la calidad de sus productos. Estos son “MAIRS” y “Macro Safe Gates”. Normalmente, a continuación, sugeriríamos la presentación de una tabla comparativa sobre los productos que ofrecen estos proveedores para escenarios de ESD que mejor se ajustan al concepto ganador del capítulo anterior. Sin embargo, estos productos cumplen prácticamente de la misma

manera en aspectos como el diseño, material, compatibilidad con otros módulos, funciones de seguridad, aplicaciones, entre otros. No obstante, hay dos diferencias que se vuelven clave para seleccionar el producto final. Estas son el precio y los certificados que respaldan cada producto. Considerando lo anterior, se selecciona el actuador de la Figura 4-7, correspondiente al modelo MS11G del proveedor Macro Safe Gates.



Figura 4-7. Torniquete ESD horizontal MS11G de Macro Safe Gates. [26]

Cabe destacar que, otro aspecto importante de este proveedor es que para estos actuadores diseñados para áreas de control de ESD, tienen experiencia previa trabajando con los proveedores de ESD Gate en la incorporación de los “ESD Defender G4” en estos para controlar el acceso a una EPA, además de otros módulos interesantes como veremos a continuación para soluciones robustas a problemas similares.

Ahora, entrando un poco más en los detalles técnicos de este actuador para el control de acceso, entre las características técnicas más relevantes, en orden con los requerimientos del cliente, se detallan en la Tabla 4-3.

Tabla 4-3. Especificaciones técnicas de la puerta trípode tipo torniquete modelo MS11G de MSG. [26]

Especificación	Detalle
Proveedor	Macro Safe Gates
Modelo	MS11G
Material	Acero inoxidable SUS304
Dimensiones	1400*280*980 mm
Direcciones de acceso	Uni/Bi direccional
Tasa de flujo	30-35 personas/minuto (Dependiendo el tipo de prueba)
Mecanismo	Liberado por electroimanes
Alimentación	DC 24V
MCBF (Mean Cycles Before Failure)	8, 000, 000 ciclos
Modo antipánico	Caída del brazo cuando no está energizado

La selección del material anterior, aparte de ser compatible con la disipación de las cargas electrostáticas de la estructura como tal, ofrece durabilidad, atractivo estético, resistencia al oxido y la corrosión, entre otras características deseables.

El diseño de este torniquete tipo trípode horizontal cuenta con un mecanismo de 3 barras, liberado por el sistema de la Figura 4-8. Cada vez que el sistema de control garantiza un acceso, el sistema se desbloquea, permitiendo que el sistema de bloqueo pueda girar 120 grados, para permitir el paso de una sola persona.

Lo anterior es posible por medio de un electroimán (Figura 4-9), que, de forma similar a un solenoide, genera el movimiento lineal de un cilindro ferromagnético con la activación de un campo magnético. Este diseño maduro y estable del proveedor garantiza un uso aproximado de 8 millones de ciclos antes del fallo, con un mantenimiento mínimo. Esto porque el uso del electroimán en cuestión respecto a solenoides comunes y de bajo costo, es un diseño más robusto y silencioso con un

mecanismo más eficiente para una liberación del torniquete más suave y con menor desgaste mecánico.

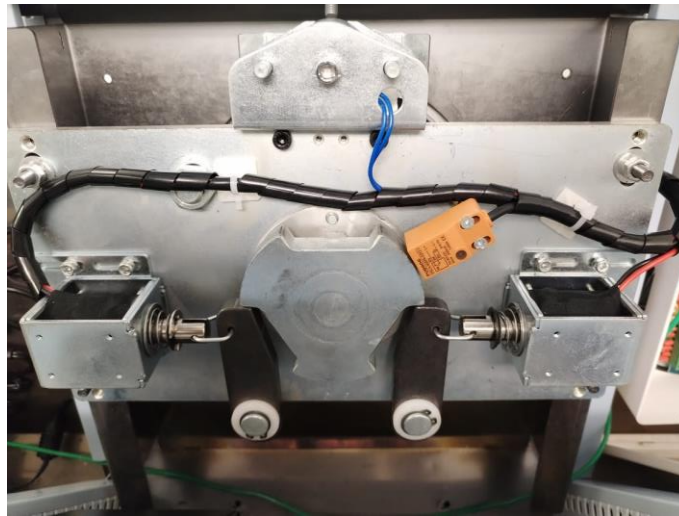


Figura 4-8. Sistema de bloqueo del MS11G.



Figura 4-9. Electroimán para liberación del sistema de bloqueo del MS11G.

Como se establece en los requerimientos del cliente, el mecanismo cuenta con dos de estos electroimanes para la habilitación de paso bidireccional, donde se activa uno o el otro, dependiendo del sentido de giro que se requiera. Para la entrada a las EPA, se libera el mecanismo de bloqueo con el respectivo electroimán con el acceso lógico garantizado por el controlador después de las validaciones de los insumos antiestática respectivos y la identificación del colaborador. Por otro lado, para la salida, se activa el otro electroimán para el sentido contrario de giro, solo con la identificación del colaborador.

Además, este sistema, asegura que solo una persona pueda pasar a la vez, independientemente del sentido de giro, por medio de un control mejorado con la detección de un sensor inductivo como el de la Figura 4-10, que desactiva el electroimán después del giro de 120 grados.



Figura 4-10. Sensor inductivo del MS11G.

Como si fuera poco, este sistema también cuenta con otro sistema auxiliar, donde un tercer electroimán (ver Figura 4-11), que se encarga de permitir la caída del brazo que bloquea el acceso en caso de emergencia o de desenergización de la unidad. En la Figura 4-12 es posible observar un ejemplo de dicha caída del brazo con la activación de este tercer electroimán.



Figura 4-11. Electroimán para sujeción del brazo de bloqueo.



Figura 4-12. Ejemplo de: a) Sujeción del brazo de bloqueo. b) Caída del brazo de bloqueo.

Por último, y como se detalla un poco más en la siguiente sección del informe respecto a las conexiones y comunicación entre módulos para la solución, este equipo cuenta con una tarjeta de control electromecánico (ver Figura 4-13), que se encarga del suministro específico de energía a estos elementos mencionados y el control de estos, para un funcionamiento satisfactorio de este producto seleccionado para el control de acceso.

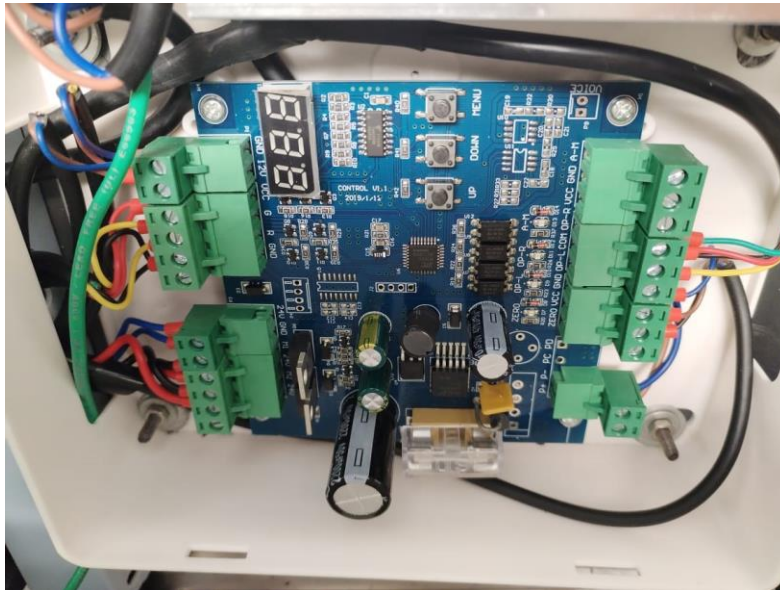


Figura 4-13. Tarjeta de control electromecánico para el MS11G.

Esta tarjeta de control electromecánico tiene una gran importancia a lo hora de la selección del siguiente componente para la solución, la unidad de procesamiento de

información. Esto porque dicho módulo de procesamiento o bien de control, como se explica en el siguiente apartado, ya requiere de una gran capacidad de interfaces de comunicación y graficas para su correcto desempeño como responsable de la intercomunicación y control de los diferentes módulos involucrados para la solución en general.

Por lo tanto, esta tarjeta, al encargarse del control y alimentación de los elementos anteriores, permite descargar la posible carga de trabajo que tendría esta otra unidad de procesamiento central del proyecto en caso contrario, asegurando que esta última pueda enfocarse en otras funciones críticas en el marco completo del control del sistema general sin riesgo de sobrecarga.

Entonces, el uso de esta tarjeta no solo optimiza la eficiencia de los recursos requeridos, sino que también puede reducir el desgaste por operación continua de módulos sobrecargados. Característica que definitivamente no queremos en sistemas que requieren de alta confiabilidad como el caso en cuestión bajo el requerimiento además del abal de diferentes estándares.

4.2.4 Selección de unidad de procesamiento de información

Recordando un poco lo planteado en el capítulo 3, del proceso de selección de conceptos, se define el uso de un sistema integrado para el concepto ganador para el procesamiento de la información debido a sus bondades. Donde, tomando en cuenta el conjunto de interfaces, capacidades de comunicación y de visualización que debe ofrecer en específico la solución de forma integral; un microcontrolador simple puede quedar corto o bien una PC puede contar con recursos de más innecesariamente; siendo entonces un sistema integrado la opción que mejor se adapta par el diseño de la solución.

Sin perder lo anterior de vista, este sistema debe contar con los periféricos y recursos necesarios en general para poder llevar a cabo satisfactoriamente su tarea de gestión y control de acceso, con entradas y salidas que garanticen la correcta comunicación y funcionamiento entre módulos.

Ahora, para esta subsección, tomando en cuenta lo discutido en el tercer punto de la primera sección de este capítulo sobre consideraciones generales, donde hablamos de la compatibilidad de los módulos para la solución y las opciones que nos ofrece este mercado de los controles de acceso, ahora se sigue una línea un poco distinta a la selección de los componentes anteriores.

Teniendo ya seleccionados los componentes que tienen mayor peso para la solución al problema, como criterio de diseño, se busca ahora los elementos que mejor se adapten a estos productos, sobre todo al probador de insumos antiestática seleccionado, al ser el elemento en el que realmente se basa el cumplimiento de los estándares buscados, en complemento con los módulos involucrados.

En ese sentido, el proveedor de ESD Gate [21], ofrece una solución que se acopla prácticamente a la perfección a los requerimientos del cliente respecto al elemento de procesamiento de la información para el control de acceso en general, donde se respalda la compatibilidad de este con el probador al ser un producto del mismo proveedor y que cuenta con los periféricos necesarios para la integración y correcto funcionamiento del sistema, en base a la interacción con los demás módulos necesarios, como veremos a continuación.

Se presenta entonces el “ESD Defender Controller” diseñado especialmente para sistemas de control de acceso ESD en base al probador seleccionado. Ver Figura 4-14.



Figura 4-14. ESD Defender Controller.

Núcleo del procesamiento de información de la unidad

Este módulo cuenta con un chip del fabricante STMelectronics [27]. Dicho chip es un microcontrolador avanzado de la familia STM32, que cuenta con una gran versatilidad y capacidad de manejar múltiples interfaces de comunicación de entrada y salida (RS232, USB, HDMI y RJ45), de una manera muy eficiente para tareas de control integrado. Además, permite el control de relés y periféricos para el control de los mecanismos de acceso.

Por otro lado, tiene la capacidad de monitorización, por medio de un monitor conectado a su puerto HDMI, por su capacidad gráfica y gestión de periféricos de bajo consumo.

La posibilidad de integración con puerto RJ45 le otorga también la capacidad de comunicación y gestión de datos con el registro de información bajo algún servicio en base de datos en nube. Lo anterior, le permite a este módulo no depender de sus recursos de memoria para el almacenamiento de estos en el dispositivo.

Interfaz de visualización de datos y configuración de parámetros

El controlador cuenta con una interfaz de usuario amigable que permite visualizar de forma muy gráfica y detallada los resultados en tiempo real de las pruebas de validación de insumos antiestática. Dicha interfaz permite visualizar el valor de resistencia obtenido por cada insumo, los límites según ANSI/ESD S20.20-2021 en los que se llevan a cabo y cuenta con un sistema muy intuitivo de luces de colores que le permiten al usuario reconocer rápidamente si la prueba es válida o no para el acceso para agilizar el mismo. Ver Figura 4-15.

Por otro lado, como es el caso, dicha interfaz también permite con la lectura RFID, visualizar una serie de datos adicionales como el nombre del colaborador identificado, su número de colaborador, el cronómetro configurado para realizar las pruebas de validación, entre otros.

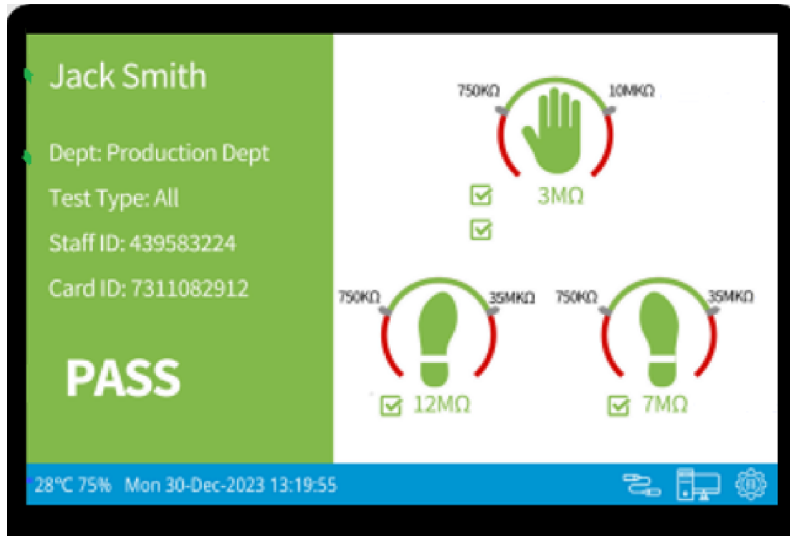


Figura 4-15. Interfaz para pruebas de medición del ESD Defender Controller. [21]

Por último, la interfaz tiene acceso a los siguientes 5 menús de configuración de parámetros:

- a) “ESD Test”: Para configuración de los límites de resistencia para las mediciones de los insumos antiestática según el estándar y tiempo en que el colaborador puede realizar la prueba luego de la lectura de su identificación. Ver Figura 4-16.



Figura 4-16. Ventana de “ESD Test” de interfaz del ESD Defender Controller.

- b) “Relay”: Para configuración de tiempo en el que se mantiene habilitado el relé que libera el actuador mecánico para garantizar el acceso después de otorgarse un acceso lógico. Ver Figura 4-17.

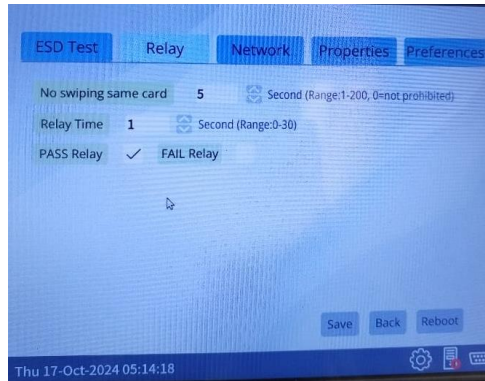


Figura 4-17. Ventana de “Relay” de interfaz del ESD Defender Controller.

- c) “Network”: Para configuración del puerto de comunicación y la subred del servidor con el que se quiera comunicar el equipo. Ver Figura 4-18.

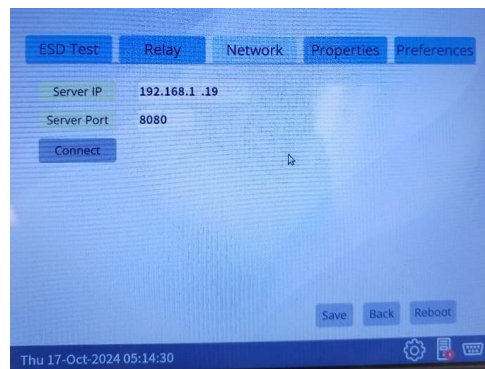


Figura 4-18. Ventana de “Network” de interfaz del ESD Defender Controller.

- d) “Properties”: Para configuración de los datos de subred del equipo como tal. Ver Figura 4-19.

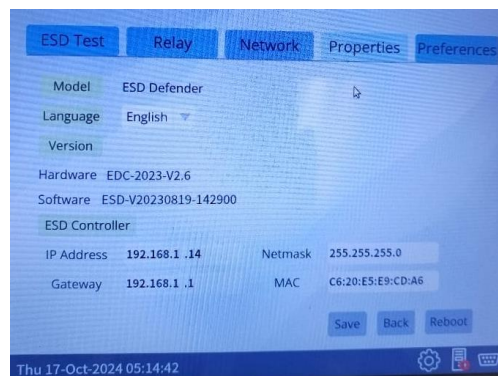


Figura 4-19. Ventana de “Properties” de interfaz del ESD Defender Controller.

- e) “Preferences”: Para configuración de tipos de pruebas en base a los elementos a utilizar. Ver Figura 4-20.

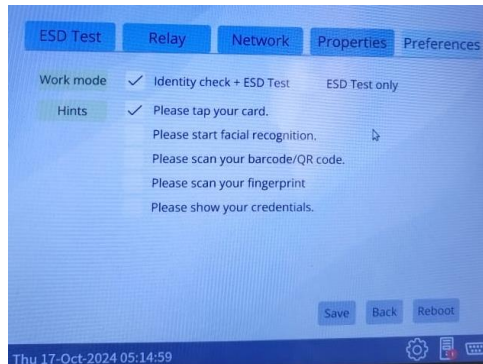


Figura 4-20. Ventana de “Preferences” de interfaz del ESD Defender Controller.

4.2.5 Selección de componente para visualización de información

Para la selección del monitor para la visualización de la información requerida, según las necesidades del cliente y lo definido en el concepto ganador, se proponen dos opciones:

La implementación de un monitor ordinario como los usados junto a una CPU, o bien, la opción del proveedor Macro Safe del monitor LCD de 8 pulgadas “ESD Testing Monitor”, diseñada especialmente para una incorporación estética y uniforme a la estructura mecánica cotizada para el control de acceso, donde dicha carcasa también está pensada para cumplir con los requerimientos de descarga electroestática a través de la estructura.

Ambas opciones son adecuadas para esta tarea simple de visualización de los datos requeridos. Sin embargo, comparando la relación calidad-precio y el cumplimiento con los requerimientos para la solución, evidentemente la segunda opción se adapta mejor a nuestra solución.

Por lo tanto, se selecciona entonces el “ESD Testing Monitor” de 8 pulgadas. Ver Figura 4-21.



Figura 4-21. ESD Testing Monitor.

4.2.6 Selección de recursos para base de datos

Base de datos en la nube

Para el subproblema planteado del almacenamiento de información, se definió la alternativa de la disposición de una base de datos en la nube, que debe cumplir con una serie de requisitos específicos para complacer lo que estipulan los estándares que se quieren cumplir para la solución al problema.

Entonces, recordando un poco lo planteado en la sección anterior, buscamos un sistema que permita primordialmente la trazabilidad de los datos, por medio de un registro automático de los mismos, que nos otorgue la posibilidad de rastrear los datos más detallados posibles sobre las mediciones realizadas y demás información relacionada a estas como la identificación del colaborador que realiza estas mediciones.

Para la selección de esta base de datos en la nube y los requisitos anteriores, es posible considerar diferentes opciones como:

- ✓ Plataformas de base de datos gestionada (DBaaS)
 - Amazon Web Services (AWS)
 - Amazon RDS
 - Amazon DynamoDB

- Amazon S3
- Google Cloud Plataform (GCP)
 - Cloud SQL
 - Firestore
 - Google Cloud Storage
- Microsoft Azure
 - Azure SQL Database
 - Azure Blob Storage
- ✓ Plataformas especializadas
 - Firebase
 - MongoDB Atlas
- ✓ Plataformas del mismo proveedor del controlador

En ese sentido, es de suma importancia la selección de algún servicio de base de datos que además de permitir llevar a cabo un adecuado control de estos, para garantizar el correcto funcionamiento del sistema y los insumos de entrada relacionados a este, se adapte a los protocolos de comunicación del controlador seleccionado y a las capacidades requeridas en base a los recursos disponibles que se cuenten para solicitar este servicio.

Tomando en cuenta lo anterior, de las opciones anteriores podemos considerar múltiples de ellas por la flexibilidad de estas. Sin embargo, nuevamente de la mano con la compatibilidad entre los sistemas, temas de costo y preferencias del mismo cliente se selecciona la que parece ser la opción más conveniente para el contexto de nuestra solución en base a los elementos ya seleccionados anteriormente.

De la colaboración de los proveedores de Macro Safe Gates y ESD Gate, con la adquisición de los recursos anteriores del torniquete, probador, controlador y el monitor, se ofrece una opción muy atractiva para la solución y que beneficia a la misma a nivel de costo y compatibilidad. Esto considerando algunos aspectos adicionales.

El proveedor en específico de ESD Gate ofrece lo que llama el “ESD Access Control System” [21] (Figura 4-22). Este es un software de gestión de datos, que

permite la conexión con el servicio de base de datos MySQL del proveedor. Esta opción ofrece una interfaz gráfica accesible que no solo permite el registro automático de los datos en la nube, sino que también nos ofrece la posibilidad de una potente administración de estos. Característica que el cliente ve muy atractiva y respecto al paquete de adquisición comentado anteriormente, se ofrece de forma gratuita en la cotización [28].

La adquisición de este recurso de software de gestión y servicio de base de datos (gratuito con la adquisición de los demás elementos mencionados), sugiere lo siguiente:

- ✓ Gran capacidad de gestión de los datos
 - Gestión de empleados
 - Gestión de equipos
 - Gestión de departamentos
 - Gestión de roles de administración del software
 - Gestión de reportes
- ✓ Visualización y acceso directo a reportes
- ✓ Configuración de parámetros en equipos
- ✓ Monitoreo en tiempo real
- ✓ Interfaz gráfica de alto nivel diseñada especialmente para la visualización de los datos en cuestión.

Si bien, para el objetivo del almacenamiento de los datos, definido bajo el modelo de base de datos en la nube según lo establecido en el proceso de diseño, no es necesario el uso de este software de gestión; definitivamente podemos ver el potencial de esta componente extra en la solución y que es de gran interés para el cliente.

Cabe destacar, que, entre los aspectos a considerar para este recurso, a pesar del atractivo a nivel de la gestión y acceso en tiempo real de los datos, este requiere de un servidor adicional a los elementos buscados para la solución de este proyecto, para correr el software.

Considerando todo lo anterior y evaluando las fortalezas y debilidades de esta opción, en conjunto con el cliente se toma la decisión de la adquisición de este producto para ser el concepto que responde al almacenamiento de los datos, ahora con la componente extra de una posibilidad de gestión robusta de los mismos.

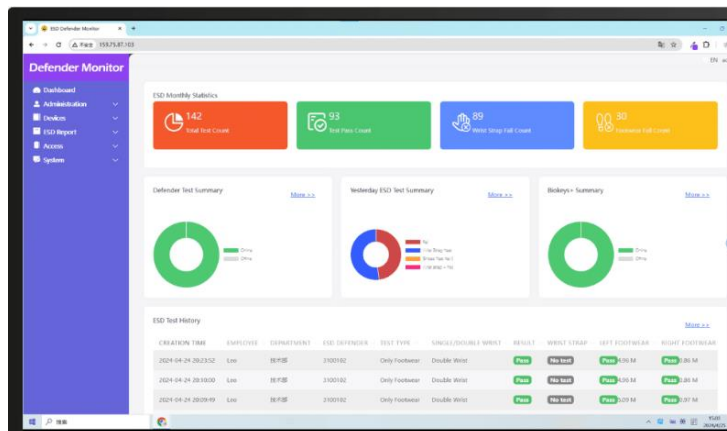


Figura 4-22. Interfaz del software de gestión datos “ESD Access Control System”. [21]

Servidor para correr el software de gestión de datos

Para correr este software de gestión, por requerimientos de este y por la disponibilidad de recursos de la empresa, se seleccionó un servidor virtual con sistema operativo Windows Server 2019 de 2CPUs, 8GB de RAM y 120GB de disco duro. Esta opción permite mantener el hardware aislado del sistema diseñado para el control de acceso como tal, además de poder acceder a este equipo desde diferentes equipos y lugares, siempre que se cuente con los permisos para esto. Se selecciona un hardware con la suficiente capacidad para correr el software, pero sin sobredimensionar este aspecto innecesariamente ya que incrementaría los costos de este recurso sin sentido.

Sin embargo, esto es para el caso de la implementación funcional. Respecto a las pruebas de validación para evaluar el grado de cumplimiento de la solución, se llegó a un prototipo funcional como se detalla más adelante, donde se conectó el equipo directamente a una laptop (con mismos recursos computacionales que el servidor) vía Ethernet.

En la sección de “Automatización de la toma de datos” se especifican las consideraciones necesarias para la conexión de este equipo con el software de gestión con el sistema diseñado para llevar a cabo el registro automático de datos.

4.2.1 Selección de componentes para aceptación y adaptación de energía

Del proceso de diseño según la metodología, se decidió utilizar una conexión estándar para la alimentación del sistema. Además, por la diversidad de recursos energéticos que sugerían los módulos investigados, se determinó que la mejor opción era el uso de convertidores AC/DC que se adaptaran adecuadamente a los requerimientos de cada módulo.

Considerando una alimentación de 110V AC proveniente de un enchufe estándar, se alimenta la totalidad del sistema a partir de un cable tipo NEMA 5-15P calibre 14 AWG (ver Figura 4-23). Según NEMA [29], este puede soportar hasta 125V AC y está diseñado para una corriente de 15 A. Este posee 3 conductores: Fase (negro), neutro (blanco) y tierra (verde).



Figura 4-23. Cable de alimentación NEMA.

Una vez alimentado el sistema por los 110V AC, según la selección de productos realizada, se necesitan los siguientes convertidores respectivamente:

- Convertidores AC/DC para módulos seleccionados
 - ESD Defender Controller (12V DC Power Jack)

- ESD Defender G4 Combo Tester (9V DC Power Jack)
- ESD Defender Monitor (12V DC Power Jack)
- MS11G (24V DC)

Para el ESD Defender G4 Combo tester, por recomendación del proveedor, se utiliza el producto de MeanWell (ver Figura 4-25) de la Tabla 4-4.

Tabla 4-4. Especificaciones técnicas del adaptador para el ESD Defender G4 Combo tester. [30]

Especificación	Detalle
Marca	MeanWell
Modelo	GST25A09-PJ1
Entrada	100-240V AC, 50/60Hz
Salida	9V DC, 2.55A, 23W MAX.
Eficiencia	Eficiencia alta, cumple estándares de ahorro de energía
Conector de salida	Conector cilíndrico (Jack DC)
Tipo de enchufe	Tipo I

Por otro lado, el proveedor cuenta con sus propios adaptadores para lo que son el controlador y el monitor.

La idea es alimentar al sistema en general con un solo enchufe y de ahí repartir la energía a los diferentes módulos, para eso, y para mantener la estética y uniformidad de la solución, se dispuso en el interior de la carcasa del sistema una regleta como la de la Figura 4-24, de donde se conectan los respectivos convertidores AC/DC para cada módulo.

Por los tipos de enchufe de los adaptadores utilizados, esta regleta presenta entradas para enchufes tipo I y tipo A según clasificación americana. [31]



Figura 4-24. Regleta para conexión de adaptadores de energía.



Figura 4-25. Adaptador MeanWell GST25A09-PJ1 para el probador.

Por último, para el mecanismo de torniquete tipo trípode MS11G y sus elementos como electroimanes, sensor y demás, se debe alimentar la tarjeta de control electromecánico que adapta y controla la energización de estos elementos. Esta tarjeta se debe de alimentar con 24V DC.

Para lo anterior se utiliza, por recomendación del proveedor, otro adaptador de MeanWell. Este componente es un convertidor AC/DC de tipo cerrado, modelo LRS-100-24 (ver Figura 4-26). En la Tabla 4-5 se detallan las especificaciones de este.

Tabla 4-5. Especificaciones técnicas del adaptador para la tarjeta de control electromecánico. [32]

Especificación	Detalle
Marca	MeanWell
Modelo	LRS-100-24
Entrada	85-264V AC (compatible con 110V y 220V)
Salida	24V DC, 3.2A (potencia máxima 76.8W)
Protección	Protección contra cortocircuito, sobrecarga y sobretensiones

Enfriamiento	Convección de aire
Diseño	Compacto y encapsulado para protección de componentes



Figura 4-26. Adaptador MeanWell LRS-100-24 para tarjeta de control electromecánico.

Como consideración adicional para proteger al sistema y tener un elemento manual para desalimentar el equipo en caso necesario sin desconectarlo del todo, se conecta la fase y el neutro del cable NEMA con el circuito de 110V AC a un disyuntor de protección de circuitos marca DELIXI (ver Figura 4-27). Se utiliza este interruptor sobre todo con el fin de proteger al sistema en caso de sobrecarga, ya que este “salta” de forma automática después de superar en cierta relación su corriente nominal. Entonces, teniendo en cuenta el consumo del sistema, se selecciona este elemento con un consumo de corriente nominal similar y un tipo de curva de salto que nos ayude a desactivar la alimentación antes de llegar a niveles de corriente que puedan dañar los equipos involucrados. En la Tabla 4-6 se detallan las especificaciones de este.



Figura 4-27. Interruptor electromecánico DELIXI.

Tabla 4-6. Especificaciones técnicas del interruptor electromecánico. [33]

Especificación	Detalle
Marca	DELIXI
Modelo	DZ47-60 B10
Corriente nominal	10A
Curva de disparo	Tipo B (entre 3 y 5 veces la corriente nominal)
Tensión nominal	110-240V AC
Protección	Protección contra cortocircuito y sobrecarga

4.3 Conectividad del sistema

Alimentación del sistema

De la mano con lo detallado en la subsección anterior respecto a los componentes seleccionados para la aceptación y adaptación de energía, se enchufa el equipo a un tomacorriente de conexión estándar 110V AC por medio del cable NEMA 5-15P de la Figura 4-23. De las terminales de este cable se conectan la fase y el neutro al disyuntor DELIXI de la Figura 4-27. De la salida del interruptor, se llevan dos terminales directamente al adaptador de 24V de la Figura 4-26 y otras dos a la regleta de la Figura 4-24. De esta forma, el adaptador de 24V alimenta todo el sistema electromecánico para el funcionamiento del torniquete tipo trípode y la regleta alimenta individualmente los adaptadores de los demás módulos. De esta forma se lleva a cabo la totalidad de la alimentación del equipo.

Conexión a tierra común

Para el correcto funcionamiento del sistema, y para la disipación de cargas electrostáticas, los siguientes elementos deben ir conectados a tierra:

- ✓ ESD Defender G4 Combo Tester

- ✓ Circuito de tarjeta electromecánica
- ✓ Carcasa del sistema diseñado

Partiendo por el probador de insumos antiestática, llevamos un cable desde su terminal “GND” hasta el punto de conexiones a tierra habilitado en la carcasa del actuador electromecánico seleccionado para el control de acceso. Ver Figura 4-28.

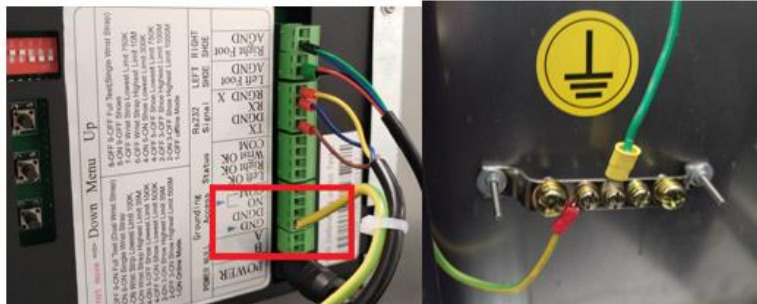


Figura 4-28. Conexiones a tierra: a) Probador de insumos antiestática. b) punto de conexión a tierra de la carcasa metálica del MS11G.

De este punto de conexión a tierra de la carcasa dirigimos otro de los cables especiales para este propósito directamente hacia el adaptador AC/CD de 24V DC que alimenta a la tarjeta de control electromecánico. Como se puede observar en la Figura 4-29, del punto dispuesto para conexión a tierra, se conecta también el conductor de tierra del cable NEMA que va al enchufe. De esta forma nos aseguramos de que todos los equipos estén conectados a tierra común por medio del cable NEMA que también alimenta todo el sistema.

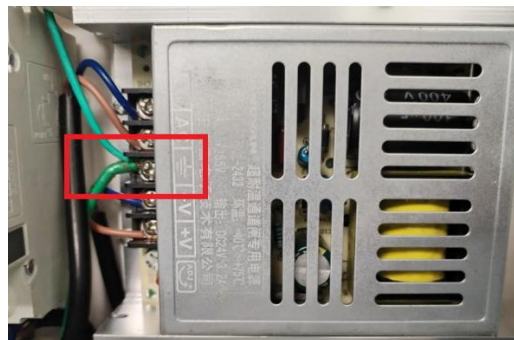


Figura 4-29. Conexión a tierra por el adaptador de energía de tarjeta de control electromecánico.

Conexión del ESD Defender G4 Combo Tester

A continuación, se describen los puertos más importantes para el probador seleccionado. Estas son las siguientes (ver Figura 4-30):

- A. Puerto para alimentación tipo “Jack” de 9V DC.
- B. Terminal de conexión a tierra.
- C. “No&COM”: Terminal de relé para conexión a cerradura electrónica de puerta, puerta de torniquete, zumbadores.
- D. “TX&RX&RGND”: conexión a RS232 para conectarlo con el ESD Defender Controller.
- E. “Left Foot&AGND”: Conexión con placa de apoyo de medición para pie izquierdo.
- F. “Right Foot&AGND”: Conexión con placa de apoyo de medición de pie derecho.
- G. Botones para calibración.
- H. “DIP switches”: Para cambio manual de límites de valores de resistencia para las mediciones.

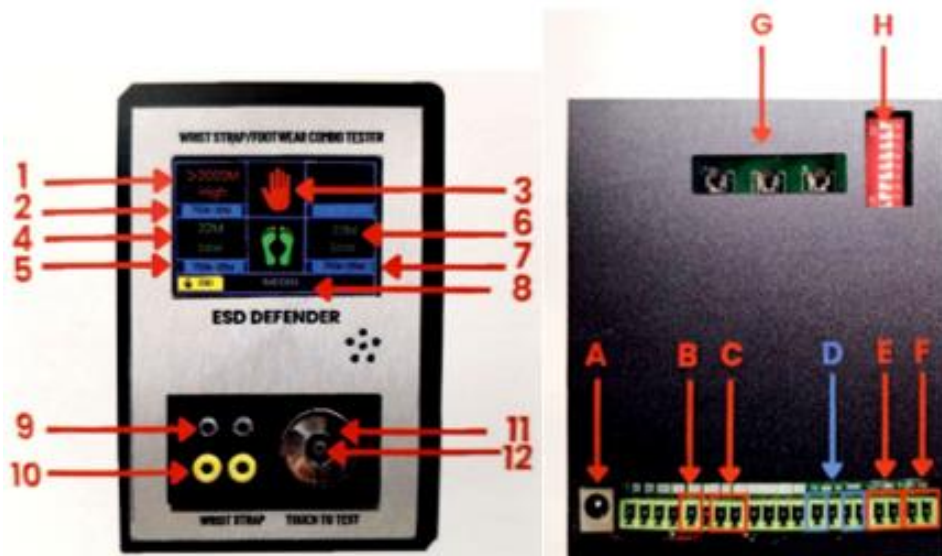


Figura 4-30. Terminales y elementos del ESD Defender G4 Combo Tester. [34]

Como se puede observar en la Figura 4-28 para las conexiones del probador, de las opciones anteriores, las que más nos interesan son:

- ✓ La alimentación del equipo (A)
- ✓ La conexión a tierra (B)
- ✓ La conexión del controlador y el probador por medio del RS232 (D)
- ✓ La conexión con la placa para mediciones de las taconeras (E y F)

Conexión del ESD Defender Controller

Respecto al controlador seleccionado, este soporta la siguiente serie de entradas y salidas para la intercomunicación y control de módulos involucrados para un adecuado control de acceso ESD (ver Figura 4-31):

- A. Puerto para alimentación tipo “Jack” de 12V DC.
- B. “Reader 1”: Conexión con lectores de tarjetas, salidas Wiegand.
- C. “Reader 2”: Conexión con lectores de tarjetas, salidas Wiegand.
- D. “Relay 1”: Para activación de cerraduras electrónicas para puertas, sistema de luces y alarmas de sonido.
- E. “Relay 2”: Para activación de cerraduras electrónicas para puertas, sistema de luces y alarmas de sonido.
- F. “USB”: Para aceptación de “mouse” externo.
- G. “HDMI”: Para comunicación con monitor para visualización de información.
- H. “Ethernet”: Para aceptación de cable de red RJ45 para comunicación de red (especial para conexiones a softwares de gestión de datos).
- I. Puerto RS232: Para comunicación RS232.

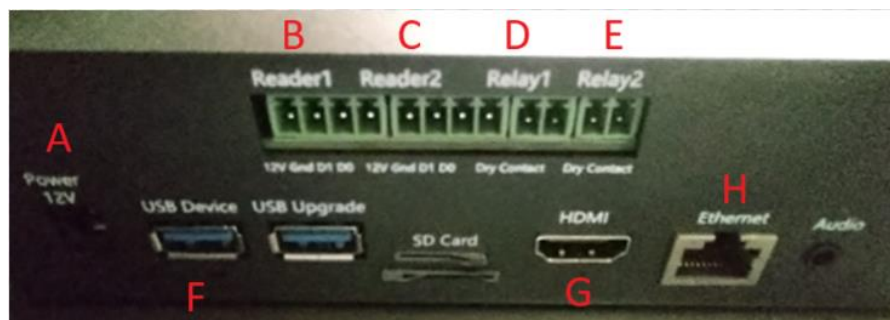


Figura 4-31. Puertos de entrada y salida del ESD Defender Controller.

Para la comunicación entre los diferentes módulos de la solución, para el caso del controlador sí se utilizan todos los puertos descritos.

Cabe destacar que por como se configuró el controlador, este funciona específicamente de la siguiente manera:

- ✓ “Reader 1” (B): Conectado al lector de tarjetas RFID para el ingreso a la EPA
- ✓ “Relay 1” (D): Conectado a tarjeta de control electromecánica para activación de paso en sentido de ingreso a la EPA.
- ✓ “Reader 2” (C): Conectado al lector de tarjetas RFID para el egreso de la EPA
- ✓ “Relay 2” (E): Conectado a tarjeta de control electromecánica para activación de paso en sentido de egreso a la EPA.
- ✓ “HDMI” (G): Conectado al ESD Testing Monitor.
- ✓ “Ethernet” (H): Conectado al equipo seleccionado para correr el software de gestión de datos.
- ✓ “Puerto RS232”: Conectado al ESD Defender G4 Combo Tester.

Conexión de tarjeta de control electromecánico

En la Figura 4-32, podemos observar las entradas y salidas de la tarjeta que controla y alimenta los elementos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema que permite el control de acceso. A continuación, se detallan dichas entradas y salidas de este sistema auxiliar:

- 1) Alimentación de la tarjeta (Entrada): Aquí vienen conectadas las 2 terminales alimentadas con 24V DC provenientes del adaptador de MeanWell modelo LRS-100-24 de la Figura 4-26.
- 2) Sensor (Entrada): Aquí se conectan las terminales del sensor inductivo de la Figura 4-10 para el control del bloqueo nuevamente del mecanismo de giro después de 120 grados con el paso de una persona (independientemente del sentido).
- 3) Señales de acceso (Entradas): Aquí se conectan las terminales de salida del controlador llamadas “Relay 1” y “Relay 2”. Estas son las entradas de la tarjeta

para desbloquear el mecanismo del torniquete para dejar girar los brazos en sentido de ingreso o de salida respectivamente.

4) Señales de activación de electroimanes de acceso (salidas): Dependiendo de las señales recibidas en 3), estas terminales son las responsables de activar el electroimán derecho o izquierdo (Figura 4-9) para el acceso o la salida respectivamente.

5) Señal de activación de electroimán para caída del brazo de bloqueo (salida): Con el sistema energizado, las terminales de esta salida mantienen normalmente activo el electroimán que mantiene el brazo de bloqueo en su lugar (Figura 4-11). Cuando el equipo se desenergiza, el electroimán se desactiva, permitiendo la caída del brazo.

6) Señales de activación de flechas LED (salida): Estas son las terminales que alimentan el sistema de LEDs intuitivos para indicar el sentido de acceso dado por el equipo. Ver Figura 4-33.

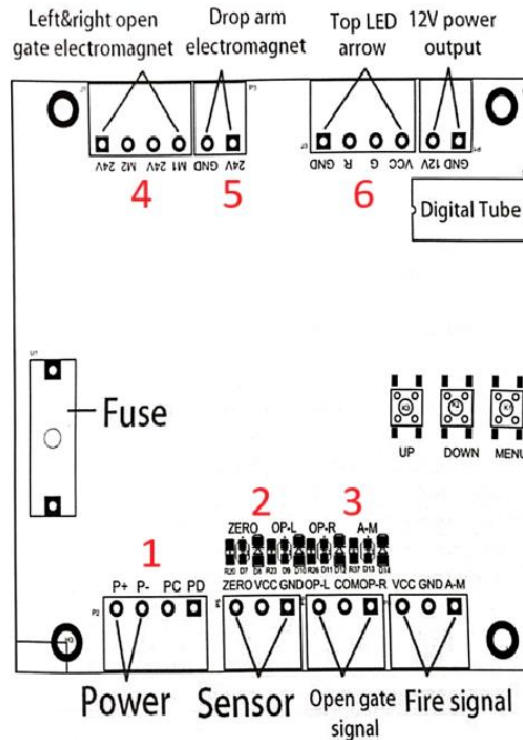


Figura 4-32. Diagrama de conectividad de entradas y salidas de la tarjeta de control electromecánica. [35]

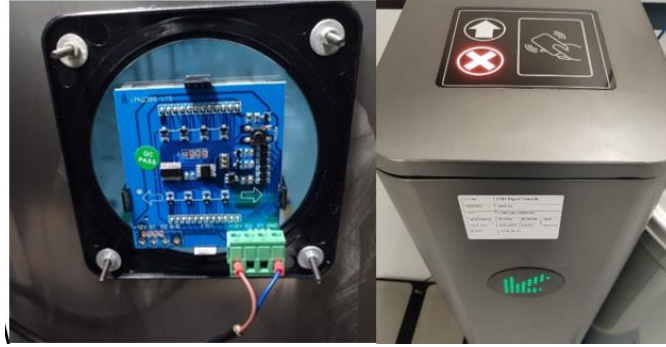


Figura 4-33. Luces LED intuitivas del MS11G: a) Circuito desde dentro de la carcasa. b) Luces por el otro lado de la carcasa.

Conexión de lector de tarjetas RFID

Como se comentaba anteriormente, se conectaron las terminales respectivas de los lectores de tarjetas RFID a los puertos de “Reader 1” y “Reader 2”, para el ingreso y salida respectivamente. Donde, como se observa en la Figura 4-31, solo se necesita establecer la conexión de 4 del total de 12 terminales con los que cuentan los lectores seleccionados. Estos son los respectivos a la alimentación, tierra, Data0 y Data1 según lo visto en el marco teórico para una comunicación por Protocolo Wiegand. De los datos técnicos de los lectores, se identifican las terminales del lector para conectar al controlador (ver **Error! Reference source not found.**).

Cable conductors	
Color	Signal
Red	6 to 16 VDC
Black	Ground
Green	Data 0
White	Data 1
Orange	Green LED Control
Brown	Red LED Control
Yellow	Beeper Control
Gray	Door DI
Pink	REX DI
Tan	Tamper Output
Blue	Hold
Purple	Reserved
.....	Drain Wire

Figura 4-34. Especificación de las terminales de lectores RFID. [25]

Conectividad con la base de datos

Para la conexión del sistema con la base de datos, por medio de un cable Ethernet RJ45, se conecta el ESD Defender Controller con el equipo encargado de correr el software de gestión de datos, por donde podemos establecer el registro automático de la información en la nube por medio de dicho cable Ethernet.

4.4 Automatización de la toma de datos

Para lograr la trazabilidad deseada de los datos del sistema para el cumplimiento de los estándares buscados, debemos lograr la automatización de la toma y almacenamiento de estos datos a la hora de que cada colaborador realice sus respectivas mediciones.

Para lo anterior, debemos configurar correctamente las conexiones y comunicación entre los elementos de hardware y software involucrados.

Cabe destacar que este apartado se realiza en base a al prototipo funcional obtenido para la validación de este. Como se menciona anteriormente, este contempla el uso de una laptop en vez del servidor virtual para correr el software de gestión de datos.

Para esto, se siguen los siguientes pasos:

- 1) Instalamos el software “ESD Access Control System” en la PC seleccionada.
- 2) Configuramos las IP estáticas del equipo y de la PC del software. Para esta configuración inicial se configuran ambos elementos en la misma subred.

Para esto, se conecta un mouse al puerto USB del ESD Defender Controller y en la ventana de “Properties” (Figura 4-19) configuramos la IP del controlador, Gateway y la máscara. Luego en la ventana de “Network” (Figura 4-18), configuramos la IP de la PC con el software instalado y especificamos el puerto de comunicación. En la Tabla 4-7 se especifica la configuración de subred utilizada.

Tabla 4-7. Configuración de subred para comunicación entre el sistema diseñado y el software de gestión de datos.

Especificación	Detalle
Dirección IP de control de acceso	192.168.1.14
Dirección IP de PC con Software	192.168.1.19
Gateway	192.168.1.1
Mascara	255.255.255.0

- 3) Con la configuración de la subred, y la conexión física vía Ethernet entre el controlador y la PC, se pone a correr el software en este último, de forma que este habilite la comunicación entre los equipos por medio del puerto 8080 y se dé la transferencia de información a la base de datos en la nube del proveedor. Ver Figura 4-35.

```

C:\Program Files\EsdDefender\EsdDefender.Web.exe
11:57:21 INF] - Volo.Abp.SettingManagement.Web.AbpSettingManagementWebModule
11:57:21 INF] - Volo.Abp.Account.Web.AbpAccountWebOpenIddictModule
11:57:21 INF] - Volo.Abp.Account.Web.AbpAccountWebModule
11:57:21 INF] - Volo.Abp.Identity.AspNetCore.AbpIdentityAspNetCoreModule
11:57:21 INF] - Volo.Abp.OpenIddict.AbpOpenIddictAspNetCoreModule
11:57:21 INF] - Volo.Abp.AspNetCore.MultiTenancy.AbpAspNetCoreMultiTenancyModule
11:57:21 INF] - Volo.Abp.AspNetCore.Mvc.UI.Theme.LeptonXLite.AbpAspNetCoreMvcUiLeptonXLiteThemeModule
11:57:21 INF] - Volo.Abp.AspNetCore.Mvc.UI.MultiTenancy.AbpAspNetCoreMvcUiMultiTenancyModule
11:57:21 INF] - Volo.Abp.AspNetCore.Serilog.AbpAspNetCoreSerilogModule
11:57:21 INF] - Volo.Abp.Swashbuckle.AbpSwashbuckleModule
11:57:21 INF] - EsdDefender.Event.Handlers.EsdDefenderEventHandlerModule
11:57:21 INF] - EsdDefender.Event.Shared.EsdDefenderEventSharedModule
11:57:21 INF] - EsdDefender.FacialCamera.Hq.EsdDefenderHqModule
11:57:21 INF] - EsdDefender.EsdDefenderBackgroundWorkerModule
11:57:21 INF] - EsdDefender.Infrastructure.EsdDefenderInfrastructure
11:57:21 INF] Started database migrations...
11:57:21 INF] Migrating schema for database...
11:57:21 INF] Executing database seed...
11:57:22 INF] User profile is available. Using 'C:\Users\bmena\AppData\Local\ASP.NET\DataProtection-Keys'
11:57:23 INF] Successfully completed database migrations.
11:57:23 INF] You can safely end this process...
11:57:23 INF] MQTT??????
11:57:23 INF] ???ApiLogs?
11:57:23 INF] Initialized all ABP modules.
11:57:23 INF] Now listening on: http://[::]:8080
11:57:23 INF] Application started. Press Ctrl+C to shut down.
11:57:23 INF] Hosting environment: Production
11:57:23 INF] Content root path: C:\Program Files\EsdDefender
  
```

Figura 4-35. Habilitación de comunicación entre equipos por puerto 8080 por medio del software de gestión de datos.

Después, se prueba la comunicación de estos por medio de la terminal de la PC. Ver Figura 4-36.

```
Microsoft Windows [Version 10.0.22631.3737]
(c) Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\tb106736>ping 192.168.1.14

Pinging 192.168.1.14 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.1.14: bytes=32 time=1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.14: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.14: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.14: bytes=32 time<1ms TTL=64

Ping statistics for 192.168.1.14:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 1ms, Average = 0ms
```

Figura 4-36. Prueba de comunicación por la terminal de la PC entre el sistema diseñado y el equipo con el software de gestión de datos.

- 4) Con la comunicación establecida entre los equipos, abrimos la interfaz de gestión del software para la configuración inicial respecto a la administración de los datos en la base de datos del proveedor.

Para eso, abrimos el “internet Web Browser” y colocamos la dirección de IP estática definida para el local host que corresponde a la PC corriendo el software e indicando el puerto de comunicación (Figura 4-377).

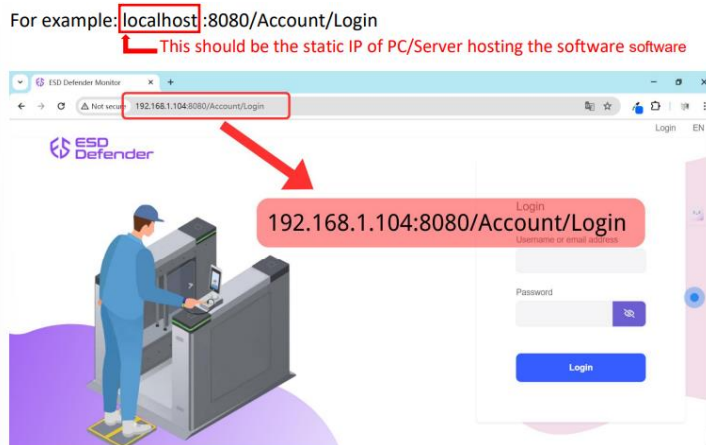


Figura 4-37. Ejemplo de ingreso a interfaz del software de gestión de datos vía browser.

[36]

- 5) Una vez el usuario entra a su cuenta, puede empezar con las configuraciones finales para el registro automático de los datos. Lo más importante, es agregar al equipo de control de acceso con su “serial number” (Figura 4-388), si el equipo aún aparece en “Offline” se refresca la página (Figura 4-399) y por último revisamos que el estado de la conexión haya pasado a “Online” (Figura 4-4040).

Cuando el equipo se encuentra en línea, este es capaz del registro automático de datos.



Figura 4-38. Opción para agregar el número serial del sistema de control de acceso.

[36]



Figura 4-39. Ejemplo de revisión del estado de conexión del equipo con el software.

[36]

ACTIONS	NAME	SERIAL NUMBER	CONNECTION STATUS	IPV4	SUBNET MASK
Actions	ESD Defender 1	3100104	Online	192.168.1.14	255.255.255.0

Figura 4-40. Ejemplo de estado de conexión en línea.

Obtención de reportes

Una vez que tenemos una serie de datos guardados como los de la Figura 4-41, podemos ir a la opción de “ESD report” en el software, donde se cuenta con opciones para filtrar la información, y luego, se puede realizar una descarga de los datos registrados en un archivo de Excel con solo un botón. Ver Figura 4-42.

ESD Test History More >>

TIME	EMPLOYEE	DEPARTMENT	ESD DEFENDER	TEST TYPE	WRIST STRAP TYPE	RESULT	WRIST STRAP	LEFT	RIGHT
2024-09-05 08:21:01	Tarjeta prueba	TTR	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	Fail W1: 2100M W2: 0M	Pass 2.7M	Pass 3.23M
2024-09-05 08:16:48	Tarjeta prueba	TTR	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	Pass W1: 5.25M W2: 0M	Pass 5.42M	Pass 5.51M
2024-09-05 08:14:47	Tarjeta prueba	TTR	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	Pass W1: 1.34M W2: 0M	Pass 2.41M	Pass 2.61M

Figura 4-41. Ejemplo de datos guardados en la base de datos, visibles desde el software de gestión de datos.

Figura 4-42. Ejemplo de pasos para exportar datos registrados de la base de datos desde el software de gestión. [36]

4.5 Sistema diseñado

4.5.1 Descripción de la solución obtenida

Como resultado de la metodología de diseño de K.T. Ulrich y S. D. Eppinger [18] del capítulo 3, y los aspectos detallados respecto a la propuesta de diseño expuesta en este capítulo, se obtuvo el siguiente prototipo funcional.

Este es, un sistema de naturaleza mecatrónica, diseñado bajo el marco específico, y dentro de la cabalidad, del contexto de un entorno donde se busca mitigar problemas por ESD. En la Figura 4-43 se observa el sistema diseñado.

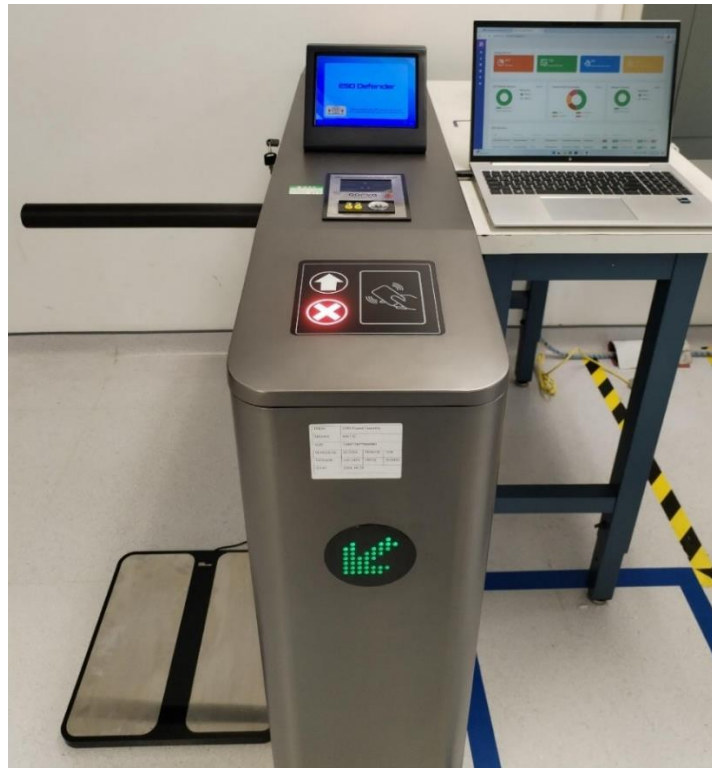


Figura 4-43. Sistema diseñado.

Una solución complaciente a los estándares del ANSI/ESD S.20.20-2021 e ISO/IEC 17025 para el control de acceso a las EPA de forma eficiente y confiable, cumpliendo además con los requerimientos planteados por el cliente.

Además, en la Figura 4-444 podemos ver una imagen por dentro de la carcasa del prototipo donde se aprecia la disposición de los diferentes módulos seleccionados.



Figura 4-44. Distribución de módulos seleccionados dentro de carcasa metálica.

Por otro lado, en la Figura 4-45 podemos observar el prototipo funcional cuando se desenergiza. Nótese que, en este escenario, el brazo de bloqueo siempre se cae por temas de seguridad.



Figura 4-45. Sistema diseñado des energizado.

Con tal de tener una mejor noción del prototipo funcional obtenido, a continuación, se adjunta un enlace para la visualización de un archivo audiovisual donde se puede apreciar mejor dicha solución:

Enlace: <https://youtu.be/1KAI8krryRI>

4.5.2 Consideraciones para la implementación funcional

Como se planteó en un inicio para este proyecto, se estableció que como mínimo, que dicha propuesta debía ser validada bajo pruebas de concepto. Al final, se llega un paso más adelante con un prototipo funcional, y muy cerca de la implementación funcional.

En esta subsección, se comentan las consideraciones tomadas en cuenta para la eventual implementación funcional del equipo en las operaciones de la empresa Qorvo, para el control de acceso a la EPA de TTR.

Como parte del proyecto de la empresa para dicha implementación, era necesaria la construcción de un vestíbulo que complementaría la colocación del sistema diseñado para limitar el paso de las personas por este. Esta parte queda pendiente por la empresa por un problema temporal de presupuesto. Según el plano definido sobre la ubicación del equipo diseñado y el vestíbulo en cuestión, queda pendiente la instalación del puerto de red para la comunicación del equipo con la base de datos por medio del cable Ethernet RJ45 y por último la disposición de un enchufe para la conexión estándar para su alimentación con 110V AC.

Por otro lado, para concretar la implementación funcional, la consideración más importante es respecto a la conectividad del equipo a la red de la empresa. Como se detalla en la sección anterior sobre la automatización de la toma de datos, el prototipo funcional se valida con la conexión a una laptop donde se corre el software de gestión de datos seleccionado, bajo la configuración de los equipos en una subred. No obstante, para la implementación del equipo, por temas de seguridad, se definió con el equipo de IT la configuración de la Figura 4-466 bajo el esquema ahora de red de área local virtual (VLAN).

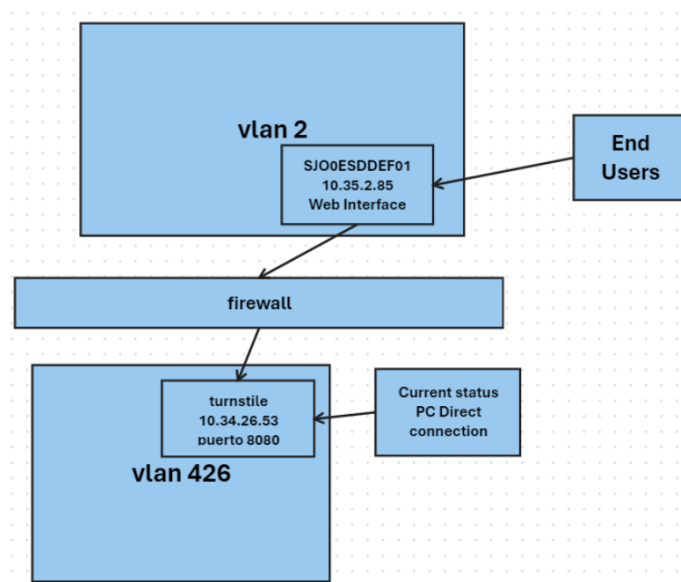


Figura 4-46. Configuración de red actual y la esperada para la implementación del equipo.

Por las características vistas en el marco teórico respecto a la implementación de subredes o VLANs, se seleccionan estas últimas por su capa adicional de seguridad al crear redes virtuales dentro de la misma red física [16].

Bajo esta configuración se busca colocar al dispositivo diseñado detrás del firewall como una medida de protección adicional. Entonces, para la implementación funcional del equipo, se dispone el servidor virtual en el que se piensa correr el software en una VLAN y este se comunica a través del firewall con el equipo que se encuentra en otra VLAN según la Figura 4-46.

Bajo este escenario, solo se debe respetar las direcciones IP definidas según este cambio respecto de la configuración de subredes definida en la sección de “automatización de la toma de datos” y asegurarse que bajo la configuración planteada en la Figura 4-46 se consiga el estado de “Online” según el estado de la conexión como en la Figura 4-40.

Capítulo 5: Resultados y Análisis

En el siguiente capítulo, tenemos una sección dedicada a la explicación de la prueba de validación diseñada para evaluar el funcionamiento del sistema en base a las necesidades del cliente. Luego, se presentan los datos recopilados, los resultados obtenidos, y, por último, un análisis contundente de estos.

5.1 Pruebas de validación

A continuación, se describen la prueba diseñada para probar el grado de cumplimiento de la solución y evaluar si esta cumple efectivamente con los requerimientos del cliente y los objetivos planteados para este proyecto.

5.1.1 Prueba de validación compuesta

Para la validación de la solución propuesta, se diseñó un experimento en el que se puede recolectar la mayoría de los datos para evaluar el rendimiento de los diferentes subsistemas del prototipo. Esto por la relación de entrada y salida entre los módulos y por lo tanto dependencia en cadena de las funciones de los diferentes subsistemas para cumplir con el objetivo final.

Entonces, para este primer experimento, que llamaremos “prueba de validación compuesta”, se debe correr una serie de diferentes pruebas por persona que se describen más adelante. Donde cada prueba individual contempla los siguientes aspectos y recolección de datos para medir el grado de cumplimiento, con respaldo cuantitativo según especificaciones, de:

- La lectura de identificación
- Las validaciones electrónicas de insumos antiestática
- La respuesta lógica del acceso en base a las verificaciones de los insumos y la identificación del colaborador
- Confiabilidad del acceso mecánico
- Tiempo por ingreso (para obtener de forma indirecta el volumen de ingresos por minuto)
- El almacenamiento de datos en el software

- La cantidad de datos guardados por prueba

Para correr dicha prueba de validación, debemos definir un tamaño de muestra adecuado, además de contemplar correctamente todos los factores controlables y no controlables que pueden influenciar en la variabilidad de los datos recopilados para la validación. De esta forma, aseguramos un análisis con información fidedigna para evaluar el verdadero grado de cumplimiento de la solución propuesta.

Comenzando por el tamaño de la muestra, debemos primero entender cuál es la población involucrada en el experimento que queremos realizar. Esta población, equivale en este caso a las personas que se ven involucradas con el uso de este equipo, las cuales son 20. Debido a que la población es relativamente pequeña, se piensa utilizar este mismo valor como la muestra. Además, dicha muestra, es sometida a diferentes escenarios para abarcar una adecuada aleatoriedad de datos por medio de pruebas de repetibilidad con ciertas variaciones.

Entre los factores controlables identificados para la prueba, tenemos:

- Probar la totalidad de insumos adecuadamente
- Forzar el fallo de la taconera antiestática derecha
- Forzar el fallo de la taconera antiestática izquierda
- Forzar el fallo de la pulsera antiestática

Aunque podemos considerar también la combinación de varios fallos, como evitar los falsos positivos es la prioridad, y para no saturar el análisis con información que puede terminar introduciendo más bien ruido a los resultados de las pruebas, es más apropiado y suficiente a nivel de cantidad de datos, el proceder con los casos anteriores. De esta forma podemos analizar correctamente estos casos aislados.

Ahora, entre los factores no controlables identificados para este aspecto, tenemos, el resultado de las mediciones dependiendo de las condiciones de estas pruebas por:

- La hora
- El día

- Condiciones de humedad (relacionado a la variabilidad del día y hora)
- Colaboradores dependiendo del turno
- El contacto producido por el colaborador para realizar las mediciones
- La colocación de las taconeras sobre la placa de pruebas
- La colocación de los insumos antiestática
- Tipo de calzado utilizado
- Estado de los insumos
- La colocación de la identificación en el lector
- La forma en que se pasa por el actuador mecánico cuando se garantiza un acceso

Entonces, considerando todos estos factores, la idea es llevar a cabo una serie de pruebas que contemple la aleatoriedad de resultados, en base a todos estos factores mencionados.

Teniendo una población de 20 personas, repartidas en 10 personas por turno, para 2 turnos diferentes; para cada uno de estos dos grupos se pretende llevar la siguiente línea base de pruebas. Ver Tabla 5-1. Un día a una hora en el rango de horas de la mañana y al siguiente día en un rango de horas de la tarde, una serie de 4 pruebas por persona (cada prueba con múltiples tareas). Donde, el “conjunto de pruebas” mencionado anteriormente, equivale a esta serie de 4 pruebas individuales que debe realizar cada colaborador en cada uno de estos dos espacios mencionados por turno.

Tabla 5-1. Periodos de prueba considerando diferentes horas, días y turnos.

	15/10	16/10	17/10	18/10
MAÑANA	Turno A		Turno B	
TARDE		Turno A		Turno B

Entonces, estos conjuntos de pruebas por persona, por horario y por turno, se realiza en base a los factores controlables, donde estas 4 pruebas individuales

corresponden a realizar las mediciones de todos los insumos colocados, en buena teoría, correctamente y luego se buscando forzar el fallo de cada uno de los insumos individualmente. Por cada insumo que se fuerza a fallar, la idea es que los demás sí se prueben correctamente. De esta forma, podemos recopilar una serie de datos valiosos para identificar que no haya un filtrado de falsos positivos (FP) entre los resultados, situación que queremos evitar contundentemente.

Además, de esta secuencia de mediciones, se espera obtener una serie de resultados intuitivos a la hora de analizar. Esto ya que, con una representación visual de los resultados, podemos esperar cierto comportamiento secuencial, donde en caso de que los resultados no sigan el patrón de resultados esperados, podemos notar este cambio y analizar que sucedió, para ir calificando nuestros resultados bajo las categorías definidas previamente en el marco teórico para un matriz de confusión. En la Figura 5-1, podemos ver un ejemplo del patrón deseado, para las pruebas de 3 colaboradores distintos, considerando que se cumplan las expectativas de estas pruebas forzadas.

Result	Wrist Strap	Left	Right	Units
Pass	1.31	2.34	2.37	MOHM
Fail	1.43	5.43	761.5	MOHM
Fail	1.31	226.5	2.47	MOHM
Fail	2100	2.41	2.5	MOHM
Pass	1.32	2.5	2.63	MOHM
Fail	1.58	2.6	467.8	MOHM
Fail	1.69	348	2.78	MOHM
Fail	2100	2.61	2.63	MOHM
Pass	4.87	4.8	5	MOHM
Fail	2.61	4.02	2100	MOHM
Fail	2.88	1090	62.66	MOHM
Fail	2100	39.64	22.58	MOHM

Figura 5-1. Ejemplo de patrón esperado para conjuntos de prueba.

Cabe destacar que los factores no controlables se ven intrínsecos en estas pruebas por la variabilidad de estos en cada persona, ya que son factores que responden a las diferencias que pueda haber en las mediciones realizadas de

colaborador a colaborador. De esta manera, aseguramos una apropiada variabilidad de los resultados obtenidos para un eventual análisis de estos.

Por otro lado, como parte del proceso de un diseño de prueba de validación que busque certeza en sus resultados, para cada conjunto de mediciones por colaborador, en caso de que una de estas cuatro pruebas forzadas de cierta forma no salga según lo esperado, esta se repite y corrobora inmediatamente en otro probador correctamente calibrado y validado anteriormente por la empresa (probador marca SCS modelo 770758). Además, como una medida adicional, se realiza una tercera medición nuevamente en el probador en estado de evaluación para tener una retroalimentación aún más fuerte del suceso en cuestión.

Esto nos permite tener una mejor noción de que sucedió realmente en cada prueba, visto que las mediciones, si no se llevan a cabo de la forma correcta, podrían fallar de diferentes maneras o bien ser el equipo el que no haya ofrecido un resultado acertado. Este procedimiento, nos ayuda a corroborar la situación real con la clasificación de los resultados según las categorías para una matriz de confusión.

En la Tabla 5-2, se detallan los escenarios más relevantes a la hora de aplicar este procedimiento de corroboración, en caso de resultados inesperados. Aunque se realice una tercera prueba de corroboración como complemento, en base a lo obtenido por el segundo probador, se pueden clasificar los resultados sin necesidad de esta última.

Tabla 5-2. Posibles escenarios al obtener un resultado no esperado.

Ejemplo de la discrepancia	Primera prueba (probador solución)	Segunda prueba (Probador SCS)	clasificación de resultado
Se espera que no falle ningún insumo	Fallo de uno y/o algún otro	Falla de la misma manera	TN
		No falla ningún insumo	FN
Se espera que no falle ningún insumo	No falla ningún insumo		TP
Se espera que falle un insumo en específico	Falla el insumo esperado y/o algún otro	Falla de la misma manera	TN
		Falla solo el insumo esperado	FN
Se espera que falle un insumo en específico	Falla solo el insumo esperado		TN
Se espera que falle un insumo en específico	No falla ningún insumo	No falla ningún insumo	TP
		Falla el insumo esperado	FP

Por último, a partir de los resultados de las mediciones de los insumos antiestática, se miden también para cada prueba individual, el rendimiento de los demás elementos involucrados. Esto por medio de un Excel como el de la Figura 5-22.

# Prueba	Nombre del colaborador	Turno	Lectura de identificación	Respuesta lógica para el acceso	Respuesta del actuador para el control de acceso	personas /acceso	Guardado de datos	Cantidad de datos guardados	Tiempo de prueba	Paso Bidireccional

Figura 5-2. Tabla utilizada para recopilación de datos adicional a la base de datos.

Para el llenado de esta tabla de Excel, dejando a un lado las primeras 3 columnas con información general, se rellena con un “+” la celda correspondiente, por columna, de la siguiente manera:

- ✓ Lectura de identificación: Durante la prueba, el sistema lee y reconoce adecuadamente la identificación aproximada al lector.
- ✓ Respuesta lógica para el acceso: El controlador, en base a los resultados dados por el probador, confirma y habilita lógicamente un acceso; o bien lo contrario. Ambos casos son satisfactorios si el resultado lógico es acorde a los resultados obtenidos en base a las verificaciones electrónicas.
- ✓ Respuesta del actuador mecánico para el control de acceso: Dependiendo de la respuesta lógica del controlador con las verificaciones electrónicas, el mecanismo de control de acceso responde de forma acorde a esta señal. Es decir, si se garantiza un acceso lógico, el actuador permite el paso físico a la EPA, y en caso contrario, lo evita.
- ✓ Guardado de datos: Al realizar una prueba, el equipo registra automáticamente resultados.
- ✓ Paso bidireccional: Para cada caso que se garantice el acceso y se pase por el actuador mecánico correctamente para el ingreso, se realiza la prueba de paso bidireccional donde solo pasando la identificación se libera el mecanismo de bloqueo ahora para permitir el paso del colaborador en sentido de salida.

En caso contrario a los casos anteriores, se coloca un “-” en las casillas correspondientes.

Por otro lado, para las demás casillas, se rellenan de la siguiente forma:

- ✓ Personas/acceso: Cantidad de personas que el sistema permite pasar a la EPA por habilitación lógica del sistema. Para esta prueba se aseguró que el sistema dejara pasar solo una persona a la vez intentando hacer el actuador más de los 120 grado permitidos para el paso de una sola persona.
- ✓ Cantidad de datos guardados: La cantidad de datos individuales guardados en la base de datos por prueba realizada.
- ✓ Tiempo de prueba: El tiempo en segundos en que se realiza cada prueba, contando las verificaciones y el ingreso. Es decir, como la idea es calcular indirectamente la cantidad de ingresos por minuto, solo se mide el tiempo de las pruebas en que se cumplió el procedimiento completo hasta el acceso, para del promedio de estos tiempos calcular dicho resultado.

Como aspectos menores, se recuerda que la prueba de validación es realizada bajo la configuración de subred definida en la sección de automatización de la toma de datos para el prototipo funcional.

Por otro lado, tomando en cuenta todo lo anterior, a continuación, se adjunta un enlace para la visualización de un archivo audiovisual en la plataforma YouTube donde se demuestra brevemente la funcionalidad del sistema bajo la idea de la prueba de validación descrita:

Enlace: <https://youtu.be/DxZYRkJ1wEs>

Tener en cuenta que este no es un ejemplo completo de cómo se lleva a cabo cada experimento en su totalidad según lo planteado anteriormente, sino que es solo un video de demostración breve. Para no saturar el video, en este se representa el funcionamiento general del sistema. No obstante, durante la ejecución de las pruebas de validación, se tomó el tiempo y cuidado necesarios para la correcta recopilación de todos los datos mencionados anteriormente.

Por otro lado, también se adjunta el siguiente enlace con evidencias de la capacidad del paso bidireccional del equipo:

Enlace: <https://youtube.com/shorts/xB6RQpB8b28?feature=share>

5.1.2 Parámetros utilizados para las verificaciones de insumos antiestática

Antes de seguir con los resultados y el análisis de estos, primero, vale la pena hacer una aclaración sobre los límites de resistencia configurados para la verificación del correcto funcionamiento de los insumos antiestática.

Como se observa en la Figura 4-1, según el estándar ANSI/ESD S20.20-2021, para el control de ESD en una EPA para insumos como las taconeras, se tiene un límite permitido de hasta 1000MΩ. Sin embargo, en el contexto de una EPA que emplea pisos disipativos, la configuración de este límite de resistencia podría incurrir a pasar por alto el verdadero uso correcto de este insumo.

Como se especifica en las necesidades y las especificaciones, la idea central respecto a los insumos antiestática es probar su correcto funcionamiento. Esto quiere decir, que, al estar correctamente colocados, se debe asegurar que cumplan con un valor ideal o al menos dentro de márgenes que corroboren realmente dicha condición.

Esta observación nace de los límites configurados para el probador de la marca SCS que contemplamos para la selección del componente para estas verificaciones, donde, aunque este es acorde al estándar, maneja un límite máximo de 100MΩ para las mediciones de las taconeras. Donde, al principio se pensó que era una medida para ser más estrictos con estas pruebas. Sin embargo, investigando un poco más, y como se observa en los resultados obtenidos, esto va más allá de una medida adicional de discriminación para mejores resultados.

Entrando un poco más en detalle respecto a este aspecto previo a presentar los resultados y el análisis de estos, a continuación, se sintetiza una pequeña explicación de los límites configurados al final para las pruebas de validación realizadas para los insumos antiestática para este proyecto.

En síntesis, aunque es en la minoría de casos, la utilización de ciertos calzados en pisos disipativos puede resultar en resistencias dentro del rango permitido según el estándar. Esto quiere decir que, aunque se coloque de forma inapropiada una taconera

antiestática, las mediciones podrían igual permitir el acceso del colaborador a una EPA. Esto, según la necesidad y especificación establecida respecto a este aspecto es inaceptable, ya que sería prácticamente un falso positivo.

Al no poder garantizar a veces la integridad de la totalidad de un piso disipativo en una EPA, se deben llevar a cabo mediciones de estos insumos antiestática con valores de resistencia que realmente aseguren la correcta colocación y funcionamiento de estos.

En ese sentido, para la prueba de validación diseñada, se define un límite superior máximo de $100M\Omega$ para las pruebas de las taconeras antiestática a la hora de recolectar los datos para la evaluación del grado de cumplimiento para la especificación en cuestión. De esta forma, bajo un marco más estricto, podemos asegurar los resultados obtenidos en cuestión del rendimiento buscado del sistema diseñado.

5.2 Resultados

En base a lo descrito anteriormente para la prueba de validación compuesta. A continuación, tenemos los resultados obtenidos.

5.2.1 Volumen de datos

Según lo comentado en la explicación de la prueba de validación compuesta, se seleccionó a la población como la muestra y se corrió una serie de experimentos en base a esa muestra para contemplar los factores controlables y no controlables involucrados para una correcta variabilidad y aleatoriedad de los datos.

En base a lo anterior, con los 4 espacios para pruebas definidos en la Tabla 5-1, donde participan 10 personas por espacio y se recopilan 4 pruebas individuales por persona, se espera un total entonces de 160 muestras de múltiples datos.

Ahora, con lo que se comentaba respecto a las pruebas extra de corroboración realizadas para aquellas pruebas que no salieron según lo esperado, también se registra una muestra adicional por cada uno de estos imprevistos.

Esto nos da un total de 173 pruebas realizadas o bien muestras obtenidas, donde en cada una de estas podemos extraer múltiples datos para la eventual evaluación de todos los sistemas involucrados.

5.2.2 Resultados recopilados

Las 173 muestras recopiladas, con múltiples datos cada una, se registran en dos fuentes principales de datos:

1) El reporte de Excel obtenido de la base de datos (Apéndice B: Datos recopilados en la base de datos) sobre los resultados de las verificaciones de los insumos antiestática obtenidos del software de gestión de la base de datos en la nube. Basado en esta recopilación de datos se evalúa el grado de cumplimiento de, probablemente, la unidad más importante para la solución. Esto a partir de una matriz de confusión. Ver Tabla 5-3, Tabla 5-4, Tabla 5-5 y Tabla 5-6. Estas tablas corresponden a extractos de la totalidad de datos de los reportes en realidad, ya que se omiten algunas columnas no tan relevantes para esta sección.

2) Otro Excel de datos recopilados a mano (Apéndice C: Datos complementarios recolectados), por prueba realizada, sobre el rendimiento de los demás módulos involucrados según la Figura 5-2. Donde se evalúa específicamente, el cumplimiento de:

- ✓ La lectura de identificación
- ✓ La respuesta lógica obtenida (de las mediciones de insumos e identificación)
- ✓ El mecanismo mecánico con la respuesta lógica
- ✓ El volumen de ingreso (indirectamente, obtenido a partir del tiempo por ingreso)
- ✓ El almacenamiento de datos en el software por prueba
- ✓ La cantidad de datos guardados

Tabla 5-3. Resultados de colaboradores del turno A el 15/10/2024 durante horas de la mañana. (Apéndice B: Datos recopilados en la base de datos)

	(±0.01MΩ)	
--	-----------	--

Prueba	Nombre	Resultado	Pulsera	Taconera izquierda	Taconera derecha	Clasificación
1	Yendry Noguera	Pass	1.81	4.18	2.82	TP
2	Yendry Noguera	Fail	2100	2010.1	2100	FN
3	Yendry Noguera	Fail	1.76	3.56	2100	TN
4	Yendry Noguera	Fail	2100	2100	2010.1	FN
5	Yendry Noguera	Fail	1.83	2100	3.84	TN
6	Yendry Noguera	Fail	2100	2.91	2.99	TN
7	Jorge Song	Pass	1.31	2.34	2.37	TP
8	Jorge Song	Fail	1.43	5.43	761.5	TN
9	Jorge Song	Fail	1.31	226.5	2.47	TN
10	Jorge Song	Fail	2100	2.41	2.5	TN
11	Elmer Palacio	Pass	1.32	2.5	2.63	TP
12	Elmer Palacio	Fail	1.58	2.6	467.8	TN
13	Elmer Palacio	Fail	1.69	348	2.78	TN
14	Elmer Palacio	Fail	2100	2.61	2.63	TN
15	Daniel Sanchez	Pass	4.87	4.8	5	TP
16	Daniel Sanchez	Fail	2.61	4.02	2100	TN
17	Daniel Sanchez	Fail	2.88	1090	62.66	TN
18	Daniel Sanchez	Fail	2100	39.64	22.58	TN
19	Evelyn Alvarez	Pass	1.97	3.82	3.68	TP
20	Evelyn Alvarez	Fail	1.89	3.84	2100	TN
21	Evelyn Alvarez	Fail	1.62	2100	36.76	TN
22	Evelyn Alvarez	Fail	2100	38.07	26.66	TN
23	Kenneth Ramirez	Pass	11.37	7.55	6.36	TP
24	Kenneth Ramirez	Fail	5.95	3.04	2100	TN
25	Kenneth Ramirez	Fail	3.11	2100	3.86	TN
26	Kenneth Ramirez	Fail	2100	3.84	3.31	TN
27	Goldy Calvo	Pass	1.47	2.45	2.46	TP
28	Goldy Calvo	Fail	1.53	2.5	610.1	TN
29	Goldy Calvo	Fail	1.43	503.3	2.49	TN
30	Goldy Calvo	Fail	2100	2.33	2.32	TN
31	Jose Cascante	Pass	2.33	4.25	5.93	TP
32	Jose Cascante	Fail	1.36	2.64	1280	TN
33	Jose Cascante	Fail	1.75	2100	3.26	TN
34	Jose Cascante	Fail	2100	2.56	2.5	TN
35	Deibin Solano	Pass	1.31	2.49	2.49	TP
36	Deibin Solano	Fail	1.19	2.32	645.6	TN
37	Deibin Solano	Fail	1.25	1020	2.43	TN
38	Deibin Solano	Pass	29.94	2.66	2.71	FP
39	Deibin Solano	Fail	55.42	2.36	2.37	TN
40	Geovanni Portuguez	Pass	9.85	3.51	7.85	TP

41	Geovanni Portuguez	Fail	1.23	2.39	756	TN
42	Geovanni Portuguez	Fail	1.62	669.9	3	TN
43	Geovanni Portuguez	Fail	249	2.58	2.55	TN

Tabla 5-4. Resultados de colaboradores del turno A el 16/10/2024 durante horas de la tarde. (Apéndice B: Datos recopilados en la base de datos)

Prueba	Nombre	Resultado	($\pm 0.01M\Omega$)			clasificación
			Pulsera	Taconera izquierda	Taconera derecha	
44	Yendry Noguera	Pass	1.54	2.79	2.54	TP
45	Yendry Noguera	Fail	1.56	2.68	2100	TN
46	Yendry Noguera	Fail	1.76	2100	2.54	TN
47	Yendry Noguera	Fail	2100	2.63	2.49	TN
48	Jorge Song	Pass	1.48	2.76	2.56	TP
49	Jorge Song	Fail	1.49	2.74	133.4	TN
50	Jorge Song	Fail	1.62	2100	2.96	TN
51	Jorge Song	Fail	2100	2.62	2.59	TN
52	Elmer Palacio	Pass	1.36	2.42	2.43	TP
53	Elmer Palacio	Fail	1.46	2.55	896	TN
54	Elmer Palacio	Fail	1.58	842.3	2.77	TN
55	Elmer Palacio	Fail	2100	2.3	2.3	TN
56	Daniel Sánchez	Pass	1.55	2.64	2.8	TP
57	Daniel Sánchez	Fail	1.64	2.92	2100	TN
58	Daniel Sánchez	Fail	1.46	2100	2.93	TN
59	Daniel Sánchez	Fail	2100	2.82	2.93	TN
60	Evelyn Álvarez	Pass	1.32	2.45	2.46	TP
61	Evelyn Álvarez	Fail	2100	2.29	1060	TN
62	Evelyn Álvarez	Fail	1.47	2.68	785.2	TN
63	Evelyn Álvarez	Fail	1.36	1310	2.52	TN
64	Evelyn Álvarez	Fail	2100	2.82	2.84	TN
65	Kenneth Ramirez	Pass	5.62	3.85	3.14	TP
66	Kenneth Ramirez	Fail	6.91	3.61	2100	TN
67	Kenneth Ramirez	Fail	8.24	2100	6.88	TN
68	Kenneth Ramirez	Fail	2100	3.96	3.46	TN
69	Goldy Calvo	Fail	1.79	5.1	184.9	TN
70	Goldy Calvo	Pass	2.12	6.03	10.37	TP
71	Goldy Calvo	Fail	2.01	4.41	2100	TN
72	Goldy Calvo	Fail	2.14	1870	5.26	TN
73	Goldy Calvo	Fail	2100	3.62	5.55	TN
74	Deibin Solano	Pass	1.47	2.39	2.41	TP

75	Deibin Solano	Fail	1.52	2.32	1310	TN
76	Deibin Solano	Fail	2.07	873.6	3.12	TN
77	Deibin Solano	Fail	2100	2.3	2.36	TN
78	Jose Cascante	Pass	1.41	2.55	2.62	TP
79	Jose Cascante	Fail	1.25	2.36	871.2	TN
80	Jose Cascante	Fail	1.37	610.9	2.56	TN
81	Jose Cascante	Fail	2100	2.32	2.35	TN
82	Geovanni Portuguez	Pass	1.42	2.56	2.62	TP
83	Geovanni Portuguez	Fail	1.29	2.43	878.5	TN
84	Geovanni Portuguez	Fail	1.24	705.6	2.41	TN
85	Geovanni Portuguez	Fail	2100	2.44	2.44	TN

Tabla 5-5. Resultados de colaboradores del turno B el 17/10/2024 durante horas de la mañana. (Apéndice B: Datos recopilados en la base de datos)

Prueba	Nombre	Resultado	($\pm 0.01M\Omega$)			Clasificación
			Pulsera	Taconera izquierda	Taconera derecha	
86	Jose Cano	Pass	1.33	2.29	2.34	TP
87	Jose Cano	Fail	1.41	2.3	245.3	TN
88	Jose Cano	Fail	1.31	2100	2.39	TN
89	Jose Cano	Fail	2100	2.48	2.62	TN
90	Jordan Calderón	Pass	1.21	5.06	11.47	TP
91	Jordan Calderón	Fail	1.36	5.84	715.4	TN
92	Jordan Calderón	Fail	1.35	743.9	5.12	TN
93	Jordan Calderón	Fail	2100	5.32	5.7	TN
94	Dianny Cortés	Pass	2.44	8.32	5.46	TP
95	Dianny Cortés	Fail	1.25	2.39	2100	TN
96	Dianny Cortés	Fail	2.53	2100	4.55	TN
97	Dianny Cortés	Fail	2100	2.86	2.86	TN
98	Sofía Padilla	Fail	31.5	4.82	2100	TN
99	Sofía Padilla	Pass	1.34	2.64	2.61	TP
100	Sofía Padilla	Fail	1.24	2.43	2100	TN
101	Sofía Padilla	Fail	1.34	2100	2.59	TN
102	Sofía Padilla	Fail	2100	2.82	2.78	TN
103	Pablo Morales	Fail	2.76	7.64	262.2	TN
104	Pablo Morales	Fail	2100	2010.1	2010.1	FN
105	Pablo Morales	Pass	2.27	6.62	3.79	TP
106	Pablo Morales	Fail	2100	2010.1	2100	FN
107	Pablo Morales	Fail	1.94	6.14	2100	TN
108	Pablo Morales	Fail	2100	2100	1540	FN

109	Pablo Morales	Fail	2.6	2100	2.84	TN
110	Pablo Morales	Fail	2100	6.88	3.16	TN
111	Andrey Cárdenas	Pass	5.94	3.52	3.26	TP
112	Andrey Cárdenas	Fail	7.76	2.79	1570	TN
113	Andrey Cárdenas	Fail	2.06	2100	2.6	TN
114	Andrey Cárdenas	Fail	2100	2.83	2.82	TN
115	Rodrigo Sánchez	Pass	1.65	3.08	3.04	TP
116	Rodrigo Sánchez	Fail	1.5	2.79	250.2	TN
117	Rodrigo Sánchez	Fail	1.54	253.1	2.83	TN
118	Rodrigo Sánchez	Fail	2100	2.87	2.82	TN
119	Natalia Chacón	Pass	1.56	3.02	3.02	TP
120	Natalia Chacón	Fail	2.29	4.26	1330	TN
121	Natalia Chacón	Pass	No Test	No Test	No Test	FP
122	Natalia Chacón	Fail	1.82	731.1	3.47	TN
123	Natalia Chacón	Fail	2100	3	3.03	TN
124	Montserrat Zárate	Pass	1.19	20.63	22.33	TP
125	Montserrat Zárate	Fail	1.24	21.44	2100	TN
126	Montserrat Zárate	Fail	1.25	2100	29.83	TN
127	Montserrat Zárate	Pass	15.21	21.96	26.18	FP
128	Montserrat Zárate	Fail	49.09	20.4	26.74	TN
129	Carlos Seas	Pass	24.29	2.3	2.26	TP
130	Carlos Seas	Fail	1.2	2.3	2100	TN
131	Carlos Seas	Fail	1.28	2100	2.46	TN
132	Carlos Seas	Fail	2100	2.34	2.48	TN

Tabla 5-6. Resultados de colaboradores del turno B el 18/10/2024 durante horas de la tarde. (Apéndice B: Datos recopilados en la base de datos)

Prueba	Nombre	Resultado	($\pm 0.01M\Omega$)			Clasificación
			Pulsera	Taconera izquierda	Taconera derecha	
133	Jose Cano	Pass	1.18	2.3	2.29	TP
134	Jose Cano	Fail	1.24	2.37	987.7	TN
135	Jose Cano	Fail	1.28	2100	2.37	TN
136	Jose Cano	Fail	2100	2.36	2.33	TN
137	Jordan Calderón	Pass	1.42	5.29	3.85	TP
138	Jordan Calderón	Fail	1.27	4.49	683.8	TN
139	Jordan Calderón	Fail	1.42	832.6	4.33	TN
140	Jordan Calderón	Fail	2100	4.57	3.89	TN
141	Dianny Cortés	Pass	1.91	2.61	2.6	TP
142	Dianny Cortés	Fail	2.72	2.43	2100	TN

143	Dianny Cortés	Fail	2.13	2100	2.62	TN
144	Dianny Cortés	Fail	2100	2.49	2.62	TN
145	Sofía Padilla	Pass	1.94	3	3.16	TP
146	Sofía Padilla	Fail	2	3.03	2100	TN
147	Sofía Padilla	Fail	1.81	2100	2.98	TN
148	Sofía Padilla	Fail	2100	3	2.89	TN
149	Pablo Morales	Pass	1.73	2.91	3.01	TP
150	Pablo Morales	Fail	1.54	2.79	147.4	TN
151	Pablo Morales	Fail	1.53	146	2.82	TN
152	Pablo Morales	Fail	2100	2.53	2.58	TN
153	Andrey Cárdenas	Pass	1.31	2.47	2.47	TP
154	Andrey Cárdenas	Fail	1.24	2.4	2100	TN
155	Andrey Cárdenas	Fail	1.25	2100	2.37	TN
156	Andrey Cárdenas	Fail	2100	2.34	2.36	TN
157	Rodrigo Sánchez	Pass	2.02	2.85	2.92	TP
158	Rodrigo Sánchez	Fail	1.97	2.61	2100	TN
159	Rodrigo Sánchez	Fail	2.01	2100	2.96	TN
160	Rodrigo Sánchez	Fail	2100	3.61	3.67	TN
161	Natalia Chacón	Pass	2.45	4.57	4.51	TP
162	Natalia Chacón	Fail	2.55	4.54	756	TN
163	Natalia Chacón	Fail	2100	372.1	558.4	FN
164	Natalia Chacón	Fail	2.28	269.5	8.68	TN
165	Natalia Chacón	Fail	2100	2.79	2.81	TN
166	Montserrat Zárate	Pass	1.29	2.45	2.45	TP
167	Montserrat Zárate	Fail	1.25	2.41	840	TN
168	Montserrat Zárate	Fail	1.2	2100	2.28	TN
169	Montserrat Zárate	Fail	2100	2.46	2.46	TN
170	Carlos Seas	Pass	1.3	2.4	2.42	TP
171	Carlos Seas	Fail	1.25	2.35	1280	TN
172	Carlos Seas	Fail	1.29	2100	2.37	TN
173	Carlos Seas	Fail	2100	2.55	2.56	TN

# Prueba	Nombre	Turno	Lectura de identificación	Respuesta lógica para el acceso	Respuesta del actuador para el control de acceso	personas /acceso	Guardado de datos	Cantidad de datos guardados	Tiempo de prueba (s)	Paso bidireccional
111	Andrey Cárdenas	B	+	+	+	1	+	10	4	+
112	Andrey Cárdenas	B	+	+	+	0	+	10		
113	Andrey Cárdenas	B	+	+	+	0	+	10		
114	Andrey Cárdenas	B	+	+	+	0	+	10		
115	Rodrigo Sánchez	B	+	+	+	1	+	10	3	+
116	Rodrigo Sánchez	B	+	+	+	0	+	10		
117	Rodrigo Sánchez	B	+	+	+	0	+	10		
118	Rodrigo Sánchez	B	+	+	+	0	+	10		
119	Natalia Chacón	B	+	+	+	1	+	10	4	+
120	Natalia Chacón	B	+	+	+	0	+	10		
121	Natalia Chacón	B	+	-	+	1	-	7	6	+
122	Natalia Chacón	B	+	+	+	0	+	10		
123	Natalia Chacón	B	+	+	+	0	+	10		
124	Montserrat Zárate	B	+	+	+	1	+	10	4	+
125	Montserrat Zárate	B	+	+	+	0	+	10		
126	Montserrat Zárate	B	+	+	+	0	+	10		
127	Montserrat Zárate	B	+	+	+	1	+	10	3	+
128	Montserrat Zárate	B	+	+	+	0	+	10		
129	Carlos Seas	B	+	+	+	1	+	10	6	+
130	Carlos Seas	B	+	+	+	0	+	10		
131	Carlos Seas	B	+	+	+	0	+	10		
132	Carlos Seas	B	+	+	+	0	+	10		

Figura 5-3. Fragmento para ejemplo de datos recopilados para evaluar el grado de cumplimiento de múltiples especificaciones planteadas. (Apéndice C: Datos complementarios recolectados)

5.2.3 Gráficos y tablas generadas

A partir de los datos recopilados de la base de datos para las pruebas de los insumos antiestática y de la información adicional recopilada sobre los resultados del funcionamiento de los demás subsistemas de interés en base a las especificaciones, se generan una serie de gráficos para complementar el análisis de estos resultados en la próxima sección de este capítulo.

Comenzando por las clasificaciones de los resultados obtenidos para la validación del probador seleccionado para los insumos antiestática, en la Tabla 5-7, se detalla la matriz de confusión obtenida. Además, en la Figura 5-44, podemos observar una representación más gráfica de dicha matriz, con los porcentajes obtenidos para cada una de las clasificaciones de esta.

Tabla 5-7. Matriz de confusión obtenida

		Valores reales	
		Positivo	Negativo
Valores predichos	Positivo	Verdaderos positivos (TP)	Falsos positivos (FP)
		23.12%	1.73%
	Negativo	Falsos negativos (FN)	Verdaderos Negativos (TN)
		3.47%	71.68%

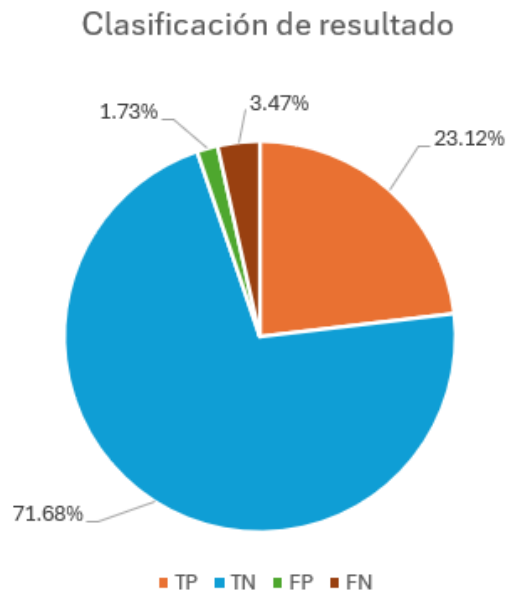


Figura 5-4. Gráfico de matriz de confusión obtenida.

Luego, se generan gráficos de tipo histograma para los diferentes insumos sobre los resultados de los valores de resistencia dentro de los rangos de prueba configurados para la aprobación de ingreso a las EPA. Ver Figura 5-55.

También, se generan los gráficos respectivos para los casos de los valores de resistencia fuera de los límites permitidos para el correcto funcionamiento de los insumos. Ver Figura 5-66.

Se selecciona este tipo de gráfico por la naturaleza de los resultados, donde, por clases, podemos ver la distribución de los datos obtenidos o bien la tendencia de saturación de estos para establecer ciertas conclusiones interesantes.

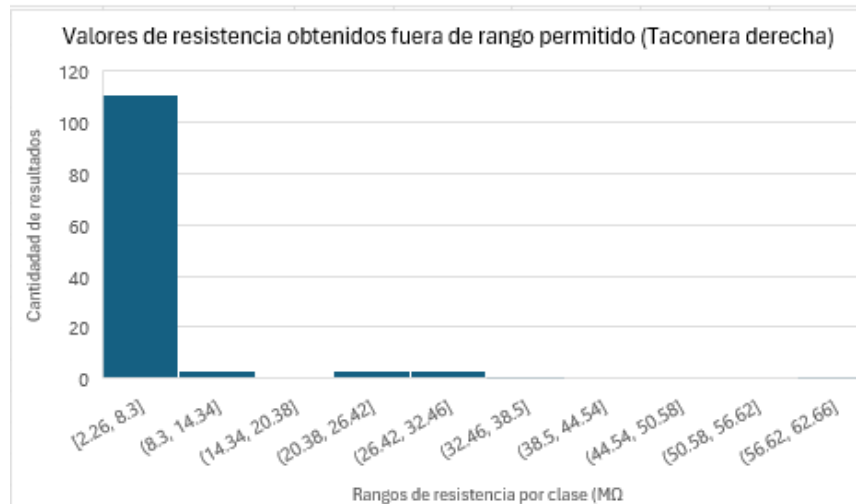
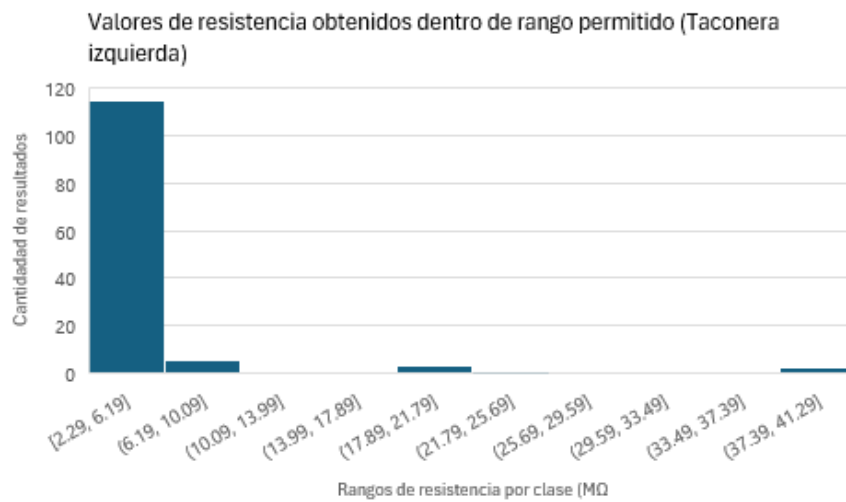
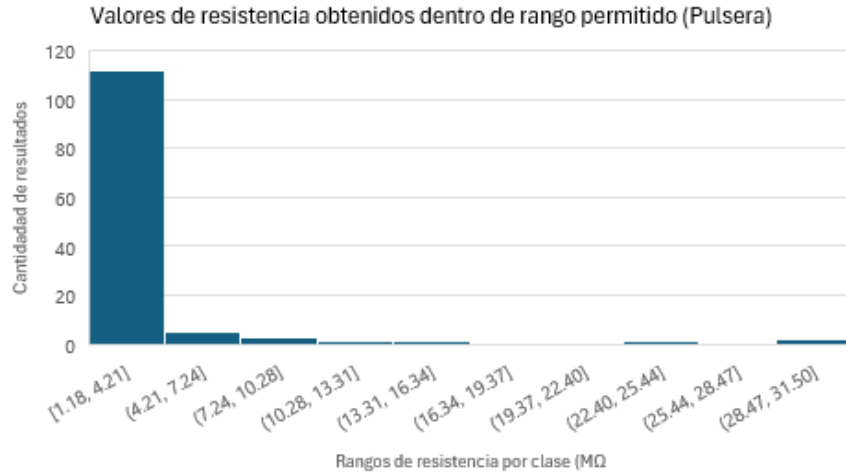


Figura 5-5. Histogramas de valores de resistencia dentro del rango aceptado para ingreso a EPA de: a) Pulsera antiestática. b) Taconera antiestática izquierda. c) Taconera antiestática derecha.

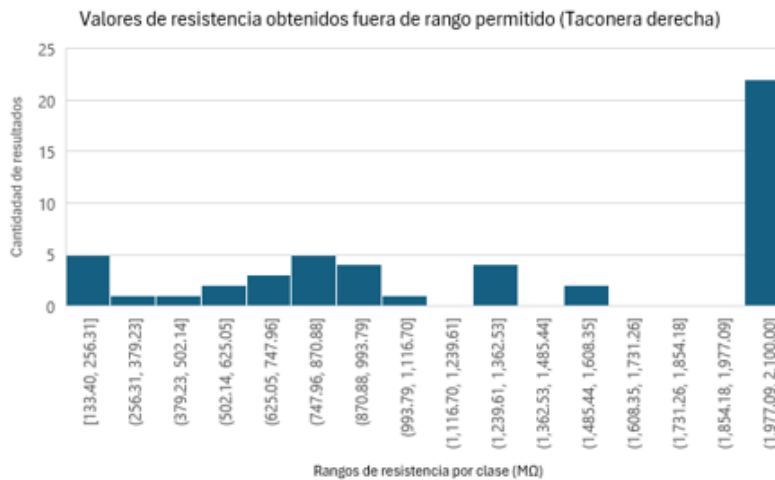
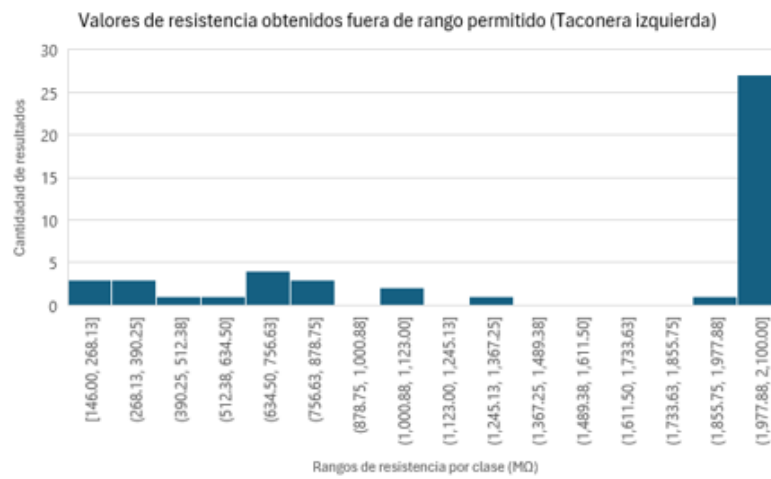


Figura 5-6. Histogramas de valores de resistencia fuera del rango aceptado para ingreso a EPA de: a) Pulsera antiestática. b) Taconera antiestática izquierda. c) Taconera antiestática derecha.

Por otro lado, se obtienen los gráficos de la Figura 5-7 y Figura 5-8 para apreciar mejor la tendencia de los resultados obtenidos respecto a los límites de resistencia configurados para las pruebas realizadas.

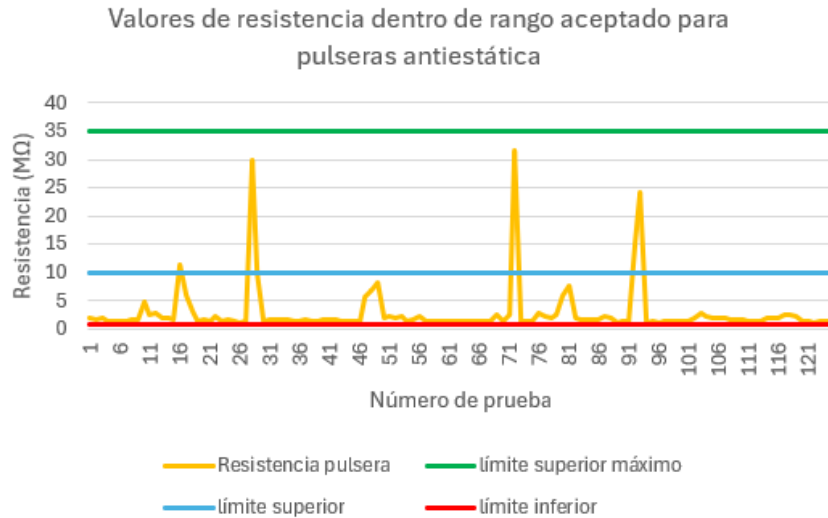


Figura 5-7. Gráfico de valores dentro del rango de resistencia validos de pulseras antiestática.

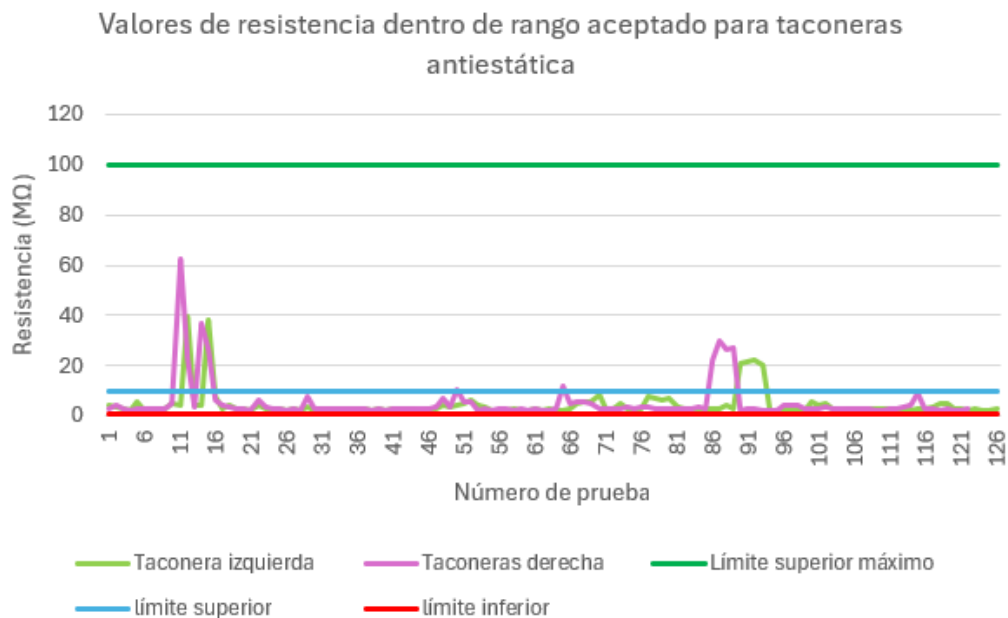


Figura 5-8. Gráfico de valores dentro del rango de resistencia validos de taconeras antiestática.

Según la información recopilada en el Apéndice C: Datos complementarios recolectados, para el rendimiento, por prueba, del resto de las especificaciones planteadas para evaluar el grado de cumplimiento cuantitativamente de la solución, se resumen los resultados obtenidos en la Tabla 5-8.

Tabla 5-8. Resumen de resultados cuantitativos según especificaciones.

Especificación	Rendimiento alcanzado
Porcentaje de identificaciones correctas	100%
Porcentaje de respuestas lógicas satisfactorias para el control de acceso	99.42%
Porcentaje de cumplimiento de capacidad anti-seguimiento del sistema	100%
Cantidad de accesos promedio por minuto	14 accesos/minuto
Porcentaje de cumplimiento apropiado del actuador mecánico para el control de acceso	100%
Cantidad de datos guardados por prueba realizada	10 datos para un 99.42% de las pruebas, 7 datos para el 0.58% restante
Porcentaje de datos guardados correctamente	99.83%
Porcentaje de pasos bidireccionales satisfactorios	100%

Para los resultados de esta tabla, según el ejemplo de la Figura 5-33, donde se rellenan las celdas con “+” o “-” según lo descrito en la prueba de validación compuesta (con la excepción del porcentaje de datos guardados correctamente), los porcentajes se obtienen de la división de la cantidad de signos positivos entre el total de pruebas realizadas. El resultado multiplicado por cien para obtener el porcentaje.

Para evaluar la cantidad de personas por acceso, se contabilizó, para los casos donde se permitía el desbloqueo del mecanismo, la cantidad de personas que podían pasar por este antes de bloquearse nuevamente. Como especificación para este aspecto se definió un valor ideal de 1 persona por acceso. Para esta sección, según la tabla anterior, se decide dar el resultado como un porcentaje de cumplimiento de dicha condición en base al total de pruebas, para tener mejor noción del cumplimiento de esta especificación. Esto aplicó de la misma manera que los casos anteriores donde ahora un “1” en dicha tabla hace referencia a un “+”. Se dividió la cantidad de estos resultados acertados entre el total de accesos garantizados para obtener dicho porcentaje. Este 100% obtenido nos permite afirmar el cumplimiento de la especificación planteada.

Respecto a la cantidad de datos evaluados sucede algo similar, la especificación definida hace referencia a la cantidad de datos guardados esperados por prueba. Se definió un valor ideal de 4 y un límite marginal de 2, o más para ambos casos. Como para el caso anterior, se decide dar un resultado en base a los porcentajes donde se cumple la condición anterior respecto a la cantidad de datos guardados. Como se detalla en la Tabla 5-8, al final se obtuvo un total de 10 datos registrados por prueba para un 99.42% (172 de 173 pruebas realizadas) de los experimentos, pero como se expone más en detalle en el análisis de resultados, se cuenta con un caso un poco atípico que, produce una pérdida de 3 datos en uno de los experimentos. De dicho resultado, podemos afirmar nuevamente que el sistema cumple con la especificación planteada.

Relacionado a lo anterior, respecto al porcentaje de datos guardados correctamente, para un total de 10 datos recopilados correctamente para 172 pruebas y 7 datos para la prueba con resultado atípico, se obtiene un porcentaje del 99.83%.

Para la cantidad de accesos por minuto permitidos por el sistema diseñado, se calculó el tiempo de realización de las pruebas con los insumos correctamente colocados, verificaciones correctas y que por lo tanto permitieran el acceso físico a la EPA, como aquellas que contemplan todo el proceso para el ingreso a estas áreas. De esta forma se obtiene un volumen de ingreso promedio de 14.01 personas por minuto

(redondeado a 14) al dividir un minuto entre dicho tiempo promedio de ingreso, el cual fue de 4.26 segundos.

Respecto a la especificación cuantitativa relacionada al costo total de la solución, se abarcó esta especificación en el capítulo respectivo al análisis económico.

5.3 Análisis de resultados

5.3.1 Evaluación de sistema primario (probador)

Valores de la matriz de confusión

En primer lugar, según el planteamiento de la especificación para las verificaciones de los insumos antiestáticos, se estableció un valor ideal de falsos positivos (FP) de 2% o menos, con un límite marginal de 3%, sobre el total de las pruebas realizadas. Esto es crucial porque, de las cuatro posibles clasificaciones en una matriz de confusión, los FP representan el riesgo más crítico, ya que un colaborador sin la debida conexión a tierra podría acceder a una EPA. Entonces, aunque no es deseable, es preferible un sistema más restrictivo, en el que se evite el acceso (falsos negativos, FN) aun cuando el aterrizaje sea correcto respecto al escenario de permitir el acceso a un colaborador con un aterrizaje incorrecto (FP). Por ello, es esencial asegurar una clasificación precisa de los FP para solucionar el problema planteado.

En ese sentido, resulta fundamental diseñar un experimento que pruebe a fondo la funcionalidad y confiabilidad del probador seleccionado, mediante pruebas controladas que lo exijan al máximo. Esto permite obtener una mejor comprensión de su desempeño en función de la clasificación de los resultados, en lugar de realizar pruebas en las que solo se busque que los insumos funcionen correctamente, lo cual podría ocultar resultados relevantes al no explorar el máximo potencial del equipo.

En la prueba de validación diseñada, bajo un escenario ideal en el que tanto el sistema como los insumos funcionaran perfectamente, se esperaba un total de 160 pruebas, con la clasificación teórica del 75% de los resultados como verdaderos negativos (TN) y el 25% como verdaderos positivos (TP). Sin embargo, siempre existen

factores de error inherentes en cualquier entorno experimental, como el factor humano, las limitaciones del equipo y otros factores no controlables específicos al proceso de validación como los mencionados anteriormente. Estos factores pueden llevar a que algunos resultados se clasifiquen como FN o FP, afectando así la suposición inicial del porcentaje de TN y TP. Además, según los análisis de corroboración realizados sobre las pruebas fallidas, se obtuvieron más de las 160 pruebas esperadas.

Finalmente, se realizaron 173 pruebas en total, que constituyen el 100% de la muestra utilizada para la distribución en las cuatro categorías de clasificación. Como se puede observar en la Tabla 5-7 o en la Figura 5-44, los resultados finales mostraron el 75% de TN y el 25% de TP esperados ligeramente afectados por los errores. En general, el porcentaje de FN y FP fue bajo, lo que indica que el sistema suele arrojar resultados correctos. Además, entre los errores cometidos, se observó que el sistema es más restrictivo, dado que hubo más FN que FP, lo cual es deseable, ya que minimiza los riesgos de acceso indebido.

En la validación de las 173 pruebas, podemos evidenciar la aparición de un error con el cambio del patrón mencionado que observamos en la Figura 5-1. De esta manera, de la recopilación de datos experimentales, se obtuvieron errores fácilmente detectables de los datos recopilados, donde además se observan sus previas pruebas de corroboración seguidos de estos. En las tablas de resultados obtenidos, se destacan en gris las pruebas que presentaron alguna discrepancia con lo esperado, permitiendo profundizar en el tipo de error cometido y su clasificación según la matriz de confusión.

Se reconocen 2 tipos de escenarios de fallos distintos y un tipo de escenario sospechoso clasificado como verdadero negativo:

- ✓ Falsos negativos por mal contacto con el interruptor de prueba de estado estable (donde el colaborador realiza el contacto para las mediciones)
- ✓ Falsos positivos por incorrecto funcionamiento de insumos en tiempo de descarga.
- ✓ Verdaderos negativos por mal contacto con la placa de pruebas

Estos se analizan a continuación:

Fallos por mal contacto con el dedo en el probador

Como se observa en la Figura 5-9, del patrón de resultados buscado, se identificaron casos donde las pruebas de los 3 insumos fallaban abruptamente. Al haberse realizado pruebas aisladas este caso daba fuertes indicios de que la prueba no se realizó correctamente, ya que los 3 valores se disparaban al límite máximo de registro de resistencia del probador, como si ninguno de los insumos funcionara en lo absoluto.

Entonces, se procedió inmediatamente con la prueba de corroboración en el probador marca SCS, a lo que los resultados para estos casos siempre fue el mismo, una lectura correcta de los insumos conectados correcta e incorrectamente. Luego, con la tercera prueba, o bien segunda prueba de corroboración de nuevo en el probador en validación, se obtienen los mismos resultados que este último.

Lo anterior indica que, si no se realiza un correcto contacto con el interruptor de prueba de estado estable, el probador arroja falsos negativos. Este interruptor es el punto específico donde el colaborador hace contacto con el probador para medir las resistencias deseadas. Los fallos de este tipo pueden ir desde un mal contacto, suciedad de la superficie del dedo del colaborador, del interruptor como tal, entre otros.

1	Yendry Noguera	Pass	1.81	4.18	2.82	TP
2	Yendry Noguera	Fail	2100	2010.1	2100	FN
3	Yendry Noguera	Fail	1.76	3.56	2100	TN
4	Yendry Noguera	Fail	2100	2100	2010.1	FN
5	Yendry Noguera	Fail	1.83	2100	3.84	TN
6	Yendry Noguera	Fail	2100	2.91	2.99	TN
104	Pablo Morales	Fail	2100	2010.1	2010.1	FN
105	Pablo Morales	Pass	2.27	6.62	3.79	TP
106	Pablo Morales	Fail	2100	2010.1	2100	FN
107	Pablo Morales	Fail	1.94	6.14	2100	TN
108	Pablo Morales	Fail	2100	2100	1540	FN
109	Pablo Morales	Fail	2.6	2100	2.84	TN
110	Pablo Morales	Fail	2100	6.88	3.16	TN
161	Natalia Chacón	Pass	2.45	4.57	4.51	TP
162	Natalia Chacón	Fail	2.55	4.54	756	TN
163	Natalia Chacón	Fail	2100	372.1	558.4	FN
164	Natalia Chacón	Fail	2.28	269.5	8.68	TN
165	Natalia Chacón	Fail	2100	2.79	2.81	TN

Figura 5-9. Ejemplos de casos inesperados clasificados como falsos negativos.

Falsos positivos por poco tiempo de descarga y funcionamiento inadecuado de insumos

Fue posible notar algo bastante interesante con un par de resultados de pulseras antiestática que indican un mal funcionamiento de estas, y, además, un escenario en el que se podrían generar falsos positivos.

En buena teoría, estos dispositivos, mantienen la disipación de cargas electrostáticas bajo ciertas condiciones, en las que no queremos descargas muy abruptas, pero a la vez evitamos la acumulación de cargas hasta generar un gran diferencial de voltaje. Esto quiere decir que la disipación de cargas se realiza en tiempos específicos que rondan en fracciones de segundo.

A la hora de la repetibilidad de las pruebas por colaborador con las pequeñas variaciones controladas donde se desconecta un insumo a la vez para hacerlos fallar, se obtuvieron casos como los de la Figura 5-10, ignorando el experimento del medio. Estas son pruebas donde se había desconectado la pulsera antiestática de la muñeca del colaborador y algunos segundos después aún marcaba estar dentro del rango permitido. Esto indica que el tiempo de descarga de estos insumos es mucho más lento del que debería.

Se hace la prueba de corroboración otros segundos más tarde en el probador marca SCS y esta vez sí se obtuvo un valor de resistencia fuera de los límites permitidos según lo esperado. Realizando la tercera prueba en el probador original de nuevo se comprueba la teoría de este tiempo de descarga ineficiente al registrarse ahora un nivel de resistencia aún mayor al de la primera.

Después, se obtuvo un caso un poco atípico como el ejemplo del medio de la Figura 5-10, que además de afectar la estadística de la matriz de confusión, también tuvo consecuencias negativas en el funcionamiento del sistema en general como se ve más adelante. Para lo que concierne a las pruebas de insumo antiestática, parece que, por algún estado indeterminado en el momento de la medición, no se realizaron las mediciones necesarias. Aun así, se permitió un acceso lógico y por lo tanto la

activación del mecanismo para el control de acceso, lo que es claramente un falso positivo.

35	Deibin Solano	Pass	1.31	2.49	2.49	TP
36	Deibin Solano	Fail	1.19	2.32	645.6	TN
37	Deibin Solano	Fail	1.25	1020	2.43	TN
38	Deibin Solano	Pass	29.94	2.66	2.71	FP
39	Deibin Solano	Fail	55.42	2.36	2.37	TN

119	Natalia Chacón	Pass	1.56	3.02	3.02	TP
120	Natalia Chacón	Fail	2.29	4.26	1330	TN
121	Natalia Chacón	Pass	No Test	No Test	No Test	FP
122	Natalia Chacón	Fail	1.82	731.1	3.47	TN
123	Natalia Chacón	Fail	2100	3	3.03	TN

124	Montserrat Zárate	Pass	1.19	20.63	22.33	TP
125	Montserrat Zárate	Fail	1.24	21.44	2100	TN
126	Montserrat Zárate	Fail	1.25	2100	29.83	TN
127	Montserrat Zárate	Pass	15.21	21.96	26.18	FP
128	Montserrat Zárate	Fail	49.09	20.4	26.74	TN

Figura 5-10. Ejemplos de casos inesperados clasificados como falsos positivos.

Verdaderos negativos, pero por mal contacto con placa metálica

Por último, en un par de ocasiones, se obtuvieron resultados fuera de lo esperado pero que, al haberles puesto atención a la ejecución del experimento, se sospechaba que la causa era por un mal contacto con la placa de contacto para las taconeras conectada al probador. Ver Figura 5-11.

Esta sospecha nacía de que primero que nada eran errores localizados en una u ambas taconeras, donde las resistencias registradas podían ser altas, intermedias o bajas. Se corroboran con el probador marca SCS realizando una prueba con más cuidado en el contacto con la placa, los resultados son correctos ahora. Se obtuvo el mismo escenario ahora para la tercera prueba.

60	Evelyn Álvarez	Pass	1.32	2.45	2.46	TP
61	Evelyn Álvarez	Fail	2100	2.29	1060	TN
62	Evelyn Álvarez	Fail	1.47	2.68	785.2	TN
63	Evelyn Álvarez	Fail	1.36	1310	2.52	TN
64	Evelyn Álvarez	Fail	2100	2.82	2.84	TN
69	Goldy Calvo	Fail	1.79	5.1	184.9	TN
70	Goldy Calvo	Pass	2.12	6.03	10.37	TP
71	Goldy Calvo	Fail	2.01	4.41	2100	TN
72	Goldy Calvo	Fail	2.14	1870	5.26	TN
73	Goldy Calvo	Fail	2100	3.62	5.55	TN

Figura 5-11. Ejemplos de casos inesperados clasificados como verdaderos negativos

Información extraída de los gráficos

Iniciando por los gráficos de la Figura 5-5, respectivos a los histogramas para los valores obtenidos con los insumos dentro de los límites seteados para las validaciones de la pulsera, taconera izquierda y taconera derecha respectivamente, podemos ver la similitud en exactitud de datos en una clase específica en la Tabla 5-9.

Tabla 5-9. Tendencia de mediciones de resistencia de insumos en buen estado y correctamente colocados.

Insumo antiestática	Límite inferior de la clase (MΩ)	Límite superior de la clase (MΩ)	Cantidad de datos
Pulsera	1.18	4.21	112
Taconera izquierda	2.29	6.19	115
Taconera derecha	2.26	7.86	111

Aunque se pudieron observar algunos pocos valores registrados fuera de los rangos anteriores, de la tabla anterior, podemos deducir una tendencia del funcionamiento correcto de los insumos antiestática dentro de un rango de los 10MΩ. Esto respalda la decisión de haber tomado como límite superior de resistencia para las mediciones de las taconeras un valor de 100MΩ, en vez de los 1000MΩ que especifica el estándar ANSI/ESD S20.20-2021 para un correcto aterrizaje a tierra. En el caso de la

pulsera antiestática, ya el límite superior es relativamente restrictivo, por lo que este se mantiene igual al estándar.

Además, en ese sentido, otro aspecto importante que podemos observar de la Figura 5-7 y Figura 5-8, es la posibilidad de llevar un adecuado control del estado de los insumos antiestática. En base al nivel de trazabilidad que ofrece la solución, sería muy sencillo determinar el valor promedio para un funcionamiento adecuado de estos insumos e incluso estandarizar el uso de estos recursos en las mejores condiciones o bajo unos límites un poco más estrictos para ser aún más conservadores con el control del ESD. De esta forma, si las mediciones de algún insumo comienzan a estar entre el nuevo límite superior ($10\text{M}\Omega$, por ejemplo) y el límite máximo permitido ($100\text{M}\Omega$ para el caso de las taconeras) podemos realizar el cambio de este recurso por uno nuevo antes de que empiece a fallar.

Después tenemos los resultados de las pruebas donde se fuerzan los insumos a fallar, los gráficos de la Figura 5-6, para nuevamente, la pulsera, taconera izquierda y taconera derecha respectivamente. Donde, es posible notar que la mayoría de los datos se saturan en el valor de $2100\text{M}\Omega$, que pareciera ser el valor máximo límite que el probador puede registrar. Y de cierta forma es lo esperado al hacer fallar estas pruebas de validación con la desconexión de los insumos.

No obstante, para los gráficos de las taconeras específicamente, podemos notar algo interesante relacionado a la explicación dada para los límites de resistencia utilizados para estas pruebas. Se aprecia una consistencia en los resultados de menos de $10\text{M}\Omega$ para insumos en buen estado y correctamente colocados. Por otro lado, para pruebas forzadas a fallar, es decir, con las taconeras mal colocadas a propósito, se encontraron resultados a lo largo de todas las clases definidas para el histograma. En otras palabras, dependiendo del calzado del colaborador, había varios resultados dentro del rango permitido ($1000\text{M}\Omega$) sin estar necesariamente aterrizados a tierra correctamente.

5.3.1 Evaluación de sistemas secundarios

Del resumen de resultados presentado en la Tabla 5-8 podemos observar lo siguiente:

- ✓ Un porcentaje del 100% sobre un valor ideal del 98% planteado para el cumplimiento de las especificaciones respectivas para:
 - La lectura correcta de las identificaciones de los colaboradores
 - La capacidad anti-seguimiento del control de acceso
 - La capacidad del mecanismo de bloqueo para controlar el acceso

Es decir, un rendimiento perfecto para un muy satisfactorio cumplimiento de las necesidades del cliente respecto a estos aspectos.

- ✓ Un porcentaje del 99.42% sobre un valor ideal del 98% planteado para el cumplimiento del requerimiento de una acertada respuesta lógica por parte del controlador seleccionado en base a las verificaciones de insumos antiestática. Esto, para la activación del mecanismo de bloqueo del sistema de control de acceso.
- ✓ Un porcentaje del 99.42% de eficacia en la obtención de 10 datos por prueba realizada, con un complemento del 0.58% de los experimentos, equivalente a una sola prueba realizada con 7 datos registrados. Dichos datos como parte de la capacidad de trazabilidad respecto a los detalles que se pudieron obtener en cada prueba. Esto, para una especificación donde se planteó idealmente la obtención de al menos 4 datos por prueba realizada.
- ✓ Relacionado a lo anterior, se obtuvo un porcentaje del 99.83% sobre un valor ideal del 98% planteado para el cumplimiento del almacenamiento de los datos con un registro automático en la base de datos en la nube.

De las declaraciones anteriores podemos realizar las siguientes observaciones:

Para el caso de la lectura de la identificación se reconoce una apropiada selección del lector para la tecnología de tarjetas RFID de la empresa y su compatibilidad con el resto del sistema para cumplir el objetivo deseado. Es importante entender que este también es un sistema que aparte de una correcta compatibilidad

con los módulos involucrados tiene una función un poco más independiente respecto a otros módulos involucrados en la solución, por lo que el grado de cumplimiento de este se puede ver favorecido.

Por otro lado, fue posible observar que para el caso de la capacidad anti-seguimiento y el control del mecanismo de bloqueo para el control de acceso, aún si estos dependen de las respuestas lógicas enviadas por el controlador, sobre todo para el ingreso donde se ven involucrados indirectamente también los resultados de las mediciones realizadas por el probador y la identificación del colaborador, podemos notar que son dos especificaciones que se cumplen a la perfección por la integridad del correcto funcionamiento individual respecto a las entradas recibidas para este subsistema. Esto gracias a su sistema complementario de la tarjeta de control electromecánico.

Ahora, para el caso de la respuesta lógica del probador, que otorga las señales de entrada al mecanismo de control de acceso, debe ser acorde con las mediciones realizadas por el probador. Aunque se obtuvo una respuesta más que satisfactoria, cabe destacar que un caso atípico como el que afectó la estadística de este resultado es bastante indeseado. Este caso hace referencia a la prueba número 121, donde parece haberse encontrado un estado indeterminado del probador a la hora de realizar esta medición, al haberse obtenido como respuestas un “No Test” para todos los resultados de las mediciones de los insumos antiestática. Lo indeseado de esta situación fue que, a pesar de esto, el sistema otorgó un acceso lógico para la activación entonces del mecanismo de bloqueo, lo que es prácticamente un falso positivo como se comentó anteriormente.

Siguiendo el razonamiento anterior, este resultado atípico también afectó la estadística de lo que pudo haber sido un rendimiento perfecto para las especificaciones respecto a la cantidad de datos obtenidos por prueba y el porcentaje de datos guardados correctamente en la base de datos. Aquí vale la pena mencionar que, aunque aún el resultado para esta prueba fallida registro 7 datos, resultado que se encontraba por encima del límite de 2 datos, incluso de los 4 del valor ideal, los 3 datos

perdidos corresponden a los de las mediciones de los insumos antiestática. Datos que, según lo justificado para el valor ideal de esta especificación, son los más deseables.

Cabe destacar que, aunque fue un caso muy particular, este caso atípico se debe probablemente por la dependencia entre módulos de una constante comunicación. Entonces, dependiendo de la velocidad de la respuesta entre módulos puede que este entre en un estado indeterminado momentáneamente si se presenta la identificación e inmediatamente se coloca el dedo en el probador para las mediciones, por ejemplo.

5.4 Grado de cumplimiento de la solución

En esta sección, se resume el grado de cumplimiento del sistema diseñado con un resumen de las especificaciones y valores planteados originalmente comparados con los resultados obtenidos después del proceso de validación de la solución. Ver Tabla 5-10. Resumen de resultados según las especificaciones planteadas. Aquí también se resume el costo total de la solución, no obstante, el resultado se detalla en el siguiente capítulo respectivo al análisis económico.

Tabla 5-10. Resumen de resultados según las especificaciones planteadas.

Métrica	Descripción	Imp.	Unidad	Valor Ideal	Valor Marginal	Valor obtenido
1	Porcentaje de “falsos positivos” aceptable de verificaciones de insumos antiestática bajo el estándar ANSI/ESD S20.20-2021.	5	%	≤2	≤3	1.73
2	Presencia de interfaz que permita la visualización del resultado en tiempo real de las	3	Binario	Sí	Sí	Sí

	verificaciones de los insumos antiestática.					
3	Porcentaje de identificaciones correctas.	4	%	≥ 98	≥ 95	100
4	Presencia de interfaz que permita la visualización de la identificación del colaborador.	3	Binario	Sí	Sí	Sí
5	Porcentaje de respuestas lógicas satisfactorias para el control de acceso.	5	%	≥ 98	≥ 95	99.42
6	Cantidad de personas que pueden pasar por acceso permitido.	5	Personas /Acceso permitido	1	≤1	1
7	Cantidad de accesos por minuto.	5	Personas /Minuto	≥10	≥ 8	14
8	Porcentaje de accesos mecánicos satisfactorios.	5	%	≥ 98	≥ 95	100
9	Cumplimiento general del estándar ANSI/ESD S20.20-2021.	5	Binario	Sí	Sí	Sí
10	Cumplimiento del estándar ISO/IEC 17025.	4	Binario	Sí	Sí	Sí
11	Capacidad de contener sus módulos más importantes aislados sin comprometer la funcionalidad.	3	Binario	Sí	Sí	Sí

12	Capacidad de paso bidireccional	5	Binario	Sí	Sí	Sí
13	Costo total de la solución	3	\$	≤ 3,000	≤ 4,000	2,690
14	Cantidad de datos guardados por intento de acceso.	4	Datos/ Acceso permitido	≥ 4	≥ 2	10
15	Porcentaje de datos guardados correctamente.	4	%	≥ 98	≥ 95	99.83
16	Necesidad de personal para operar.	4	Binario	No	No	No

Como se puede observar, en base a las características y resultados de la solución, podemos ver que esta tiene un alto grado de cumplimiento según las especificaciones planteadas. Por lo tanto, se puede afirmar un gran nivel de complacencia según las necesidades y requerimientos solicitados por el cliente.

Capítulo 6: Análisis Económico

Para este capítulo, se busca justificar desde un punto de vista económico, la razón por la que se desarrolló e invirtió en este proyecto para beneficio de la empresa Qorvo.

Para dicho objetivo, y como parte de una de las especificaciones que se tenían pendientes hasta este punto de cumplir con un costo total ideal menor a los \$3000.00 o bien marginal de menos de \$4000.00, primero tenemos que cuantificar el costo total de la solución propuesta.

Gran parte del costo de la solución se obtiene del proveedor de Macro Safe Gates [26], que con su colaboración con ESD Gates, y como parte de su servicio de disposición de cotización de otros componentes de otros proveedores y su preensamblado en el MS11G antes de envió, permite tener una cotización por subsistemas más completa. Los precios para el cable de alimentación NEMA y Ethernet RJ45 son consultados en [37]. Por último, el costo del servidor, al ser proveído por la empresa, fue especificado internamente por el equipo de IT. En la Tabla 6-1 se detallan estos costos.

Tabla 6-1. Costos de componentes seleccionados para el sistema diseñado. [28]

Parte	Subsistema	Parte	Descripción	Precio estimado (\$)	Precio final (\$)
1	Probador de insumos antiestática	ESD Defender G4 Combo Tester (ESD Gate)	Probador de insumos antiestática	1695.00	1695.00
2		Doble placa de pie (ESD Gate)	Parte del probador para medición de taconeras		
3	Visualización de información (Pruebas)	ESD Testing Monitor (MSF)	Monitor para visualización de resultados de mediciones e identificación		
4					

5	Control de la información	ESD Defender Controller (ESD Gate)	Unidad de procesamiento de la información		
6	Control de acceso mecánico	Torniquete trípode ESD - MS11G (MSG)	Actuador mecánico para el control de acceso		
7	Aceptación de energía	Disyuntor (DELIXI)	Interruptor de circuito		
8	Adaptación de energía	Convertidor de 24V DC - LRS-100-24 (MeanWell)	Adaptador de energía para el sistema de bloqueo		
9		Convertidor de 9V DC - GST25A09-PJ1 (MeanWell)	Adaptador de energía para el probador seleccionado		
10		2 convertidores de 12V DC (MSG)	Adaptadores de energía para el monitor y el controlador seleccionados		
11	Almacenamiento de la información	ESD Acces control System (ESD Gate)	Software de gestión de la base de datos en la nube	800.00	Gratis
12		Servidor virtual / laptop	Computadora para correr el software de gestión	800.00	800.00
13		Cable Ethernet (RJ45)	Cable de conexión a la red	12.00	12.00
15	Aceptación de energía	Cable de alimentación - NEMA 15-P (NEMA)	Cable de alimentación a conexión estándar 110V AC	18.00	18.00
Total				3325.00	2525.00

Además, de la misma cotización generada por MSG, se deben incluir otros gastos adicionales como el certificado de calibración acreditado por un ente con la marca ILAC

MRA/CNAS que garantiza el cumplimiento del estándar ISO/IEC 17025. Además, el costo bancario respectivo a los impuestos y seguros involucrados por el servicio del proveedor, y por último, el costo de la caja de madera donde se envió el equipo cotizado. Estos se detallan en la Tabla 6-2.

Tabla 6-2. Costos adicionales del sistema diseñado. [28]

Especificación	Costo (\$)
Certificado de calibración con marca ILAC MRA/CNAS	100.00
Caja de envío	35.00
Costo bancario	30.00

Considerando la última columna de la Tabla 6-1, donde se detalla el costo final de los componentes seleccionados y estos costos adicionales de la Tabla 6-2, se obtiene un costo total de \$2690.00 para la solución propuesta. Este es un resultado satisfactorio según el valor ideal planteado comentado anteriormente para esta especificación del costo total para el diseño realizado.

Este proyecto, aparte de cumplir con ser una inversión que se ajusta a lo estipulado por el cliente, se justifica desde una perspectiva económica en su alcance para evitar pérdidas económicas relacionadas con productos defectuosos por ESD y pérdida de clientes por una disminución de la confiabilidad que ofrece la empresa de no actuar proactivamente ante defectos de este tipo; o bien ganar más clientes al aumentar su confiabilidad producto de dicha proactividad.

Cada año, se reportan varias devoluciones por parte de los clientes por problemas de ESD relacionado a manipulación del material por parte de los colaboradores sin estar correctamente aterrizados.

De TTR, cada lote terminado y embarcado cuenta con múltiples rollos de 10 mil o 15 mil piezas. Por políticas de calidad, por rollo, cuando se encuentren más de 10 piezas afectadas, se regresa la totalidad del rollo. Luego, dependiendo la cantidad de rollos afectados, independientemente de la cantidad de piezas, el cliente puede realizar

una devolución total del lote. En la Figura 6-1 se observa un ejemplo de esta situación, donde se presenta la devolución de todo un lote en el año 2023, con 18 rollos.

BoB/WoW	Test Lot Date	Test Lot	Test Prober	Station	Handler	Board	Test Yield	Trace Code	Ship DC	DPS Machine	Fails
BoB	4/19/2023	CR8007DE00	CFP04	CRC	318	579	98.00%	CR	23	CRDP	0
BoB	4/19/2023	CR8007DH00	CFP04	CRC	318	579	95.20%	CR	23	CRDP	0
BoB	4/19/2023	CR8007D900	CFP04	CRC	318	579	92.40%	CR	23	CRDP	0
BoB	5/29/2023	CR8007M900	CFP02	CRC	318	579	97.50%	CR	23	CRDP	0
BoB	4/19/2023	CR8007DE00	CFP04	CRC	318	579	98.00%	CR	23	CRDP	1
BoB	4/19/2023	CR8007DH00	CFP04	CRC	318	579	95.20%	CR	23	CRDP	1
BoB	4/19/2023	CR8007D900	CFP04	CRC	318	579	92.40%	CR	23	CRDP	1
BoB	4/19/2023	CR8007DH00	CFP04	CRC	318	579	95.20%	CR	23	CRDP	2
BoB	5/28/2023	CR8007M800	CFP02	CRC	318	579	96.70%	CR	23	CRDP	3
WoW	5/27/2023	CR8007M500	CFP02	CRC	318	579	96.70%	CR	23	CRDP	16
WoW	5/27/2023	CR8007M200	CFP02	CRC	318	579	93.80%	CR	23	CRDP	17
WoW	6/1/2023	CR8007N600	CFP02	CRC	318	616	98.30%	CR	23	CRDP	17
WoW	6/3/2023	CR8007N900	CFP02	CRC	318	616	96.70%	CR	23	CRDP	17
WoW	6/2/2023	CR8007N100	CFP02	CRC	318	616	98.80%	CR	23	CRDP	19
WoW	6/1/2023	CR8007N800	CFP02	CRC	318	616	99.00%	CR	23	CRDP	26
WoW	4/27/2023	CR8007E000	CFP05	CRC	318	616	93.80%	CR	23	CRDP	27
WoW	6/2/2023	CR8007N000	CFP02	CRC	318	616	93.10%	CR	23	CRDP	33
WoW	6/2/2023	CR8007N100	CFP02	CRC	318	616	98.80%	CR	23	CRDP	34

Figura 6-1. Ejemplo de devolución de lote por problemas de ESD.

Cada rollo devuelto, equivale a la pérdida de un promedio de 2000 dólares que no son percibidos en el momento por la empresa según lo esperado.

Aunque se pueden recuperar las piezas en buen estado de los rollos devueltos, el procedimiento implica el retrabajo total de los rollos a partir del proceso de TTR. Por lo tanto, esto no solo implica nuevamente el uso de máquinas de producción, tiempo de trabajo de los colaboradores, uso de materia prima respectivas a los rollos en que se envía el producto (todos factores que significan dinero), sino también a todos estos recursos en los que ya se invirtió originalmente, lo que repercute en pérdidas.

Aunque estos casos no son muy seguidos, el precio de estos escapes de calidad puede terminar siendo muy altos. A continuación, identificamos los factores involucrados en el retrabajo de estos rollos y un aproximado de estos costos.

Factores involucrados por rollo:

- Costo de absorción en TTR
- Tiempo de producción de operario
- Tiempo de trabajo de técnico

- Precio de los módulos cuando salen de TTR
- Unidades producidas por hora (UPH) en retrabajo de piezas sueltas
- Cantidad de materia prima por rollo:
 - Metros de guía
 - Metros de cobertor de guía
 - Carrete de bloqueo
 - Materiales extra de envío

Donde todos estos factores son dependientes de la cantidad de piezas de las que se requiera retrabajar. Para la cantidad de materia prima, esta también viene influenciada por:

- Tamaño del módulo
- Distancia entre “bolsillos” del rollo

En base a los factores anteriores, en la Tabla 6-3, se estima el costo promedio total para el retrabajo por rollo. Donde, para un estimado más conservador, se realiza dicha estimación bajo el supuesto de rollos de 10 mil piezas (los de menor tamaño). Para los diferentes factores involucrados se utiliza un valor promedio según la respectiva especificación.

Tabla 6-3. Costos involucrados por retrabajo de rollo afectado por ESD.

Especificación	Costo (\$)
Costo de absorción de reproceso en TTR	22.39
Costo por tiempo de producción de operario	9.00
Costo por tiempo de ajustes de técnico	26.28
Costo de reemplazo de piezas defectuosas	10.00
Nueva guía	2.48
Nuevo cobertor de guía	0.62
Nuevo carrete de bloqueo	1.00
Sellado y caja de envío	1.00
Total, por rollo retrabajado (10k piezas)	72.77

Es decir, podemos esperar un promedio de \$72.77 para el retrabajo por rollo de 10k piezas o un promedio aún mayor para rollos de 15k piezas.

Ahora, tomando como base la cantidad de rollos devueltos en los últimos años, se promedia esta cantidad y podemos estimar entonces un total promedio de \$2183 en gastos de retrabajo de rollos al año que se pueden evitar con la implementación de la solución propuesta.

En ese sentido, podemos justificar económicamente la inversión en el proyecto actual al cuantificar el ahorro que este puede generar por año y por lo tanto el tiempo en que se puede financiar la solución.

Sin embargo, para lo anterior aún nos hace falta considerar un par de aspectos más. Uno tiene que ver con la amortización anual del nuevo equipo de la empresa y el costo de mantenimiento. Por otro lado, tenemos el costo de la mano de obra para el diseño y construcción de la solución.

Comenzando por la amortización anual, considerando un valor residual del 15%, tenemos sobre un costo total del equipo de \$2690 un total de \$403.5 de valor residual, para un estimado de 5 años de uso del equipo. Por lo tanto, de la ecuación 6.1 obtenemos:

$$\textit{Amortización anual} = \frac{\$2690 - \$403.5}{5} = \$457.3 \quad (6.1)$$

Luego, con el equipo de Facilidades de la empresa, se define un valor promedio de \$50 por año para el mantenimiento del equipo.

Por último, considerando la mano de obra para el diseño y construcción de la solución se debe agregar un monto de \$5000. Este responde al total del dinero invertido a nivel del salario y tiempo involucrado por cada persona involucrada de una u otra forma en el desarrollo del proyecto. Donde evidentemente el diseñador en cuestión cubre la mayor parte de este rubro.

Tomando en cuenta lo anterior, en la Tabla 6-4, se resume esta información. En esta se designa con un “-” lo que hace referencia a un gasto y con un “+” las ganancias

Tabla 6-4. Resumen de datos importantes del análisis económico.

Especificación	Resultado
Costo total del sistema diseñado	\$2,690.00
Amortización anual del activo	\$457.3/año
Mantenimiento	\$50/mes
Precio por mano de obra	\$5000
Ahorro promedio estimado por año	\$2,183.00/año

Entonces, considerando lo anterior, en la Figura 6-2 se proyectan estos recursos económicos hasta reflejar en qué punto la inversión en este proyecto termina de financiarse por sí misma.

Especificación	Resultado	Proyecciones						
		2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Costo total del sistema diseñado (total)	\$2,690.00	\$2,690.00	0	0	0	0	0	0
Amortización anual del equipo (año)	(\$457.30)		(\$457.30)	(\$457.30)	(\$457.30)	(\$457.30)	(\$457.30)	\$0.00
Mantenimiento (mes)	(\$50)	0	(\$600)	(\$600)	(\$600)	(\$600)	(\$600)	(\$600)
Precio por mano de obra (total)	(\$5,000)	(\$5,000)	0	0	0	0	0	0
Ahorro promedio estimado (año)	\$2,183.00	0	\$2,183.00	\$2,183.00	\$2,183.00	\$2,183.00	\$2,183.00	\$2,183.00
Total		(\$2,310.00)	(\$1,184.30)	(\$58.60)	\$1,067.10	\$2,192.80	\$3,318.50	\$4,901.50

Figura 6-2. Proyecciones anuales para inversión del proyecto en cuestión.

De la inversión total realizada y los recursos que se piensan seguir invirtiendo o bien recuperar, podemos concluir que este proyecto se puede terminar de financiar por sí solo después del plazo de aproximadamente 2 años, para comenzar a generar ganancias a partir de algún punto del inicio del 2027. Esto porque se considera primero el coste del equipo como un activo hasta descontarse este valor con la amortización anual de este. Después de los 5 años de vida útil estimada del equipo, como se ve a partir de los datos del 2030, solo queda al valor acumulado sumar la ganancia que proviene de los ahorros generados y restar el mantenimiento del equipo, por lo que a partir del 2030 el ingreso percibido sería mayor a los meses donde se cuenta dicha amortización.

Además, como se comentaba anteriormente, este proyecto ofrece una mejor visibilidad de la empresa con su proactividad en el contexto de la mitigación de problemas por ESD, a lo que no se le puede asignar precisamente un valor numérico.

Capítulo 7: Conclusiones y Recomendaciones

7.1 Conclusiones

- Se estableció una serie de especificaciones a los requerimientos del cliente de forma que fuera posible evaluar satisfactoriamente el grado de cumplimiento de la solución propuesta como se detalló en el capítulo 5 de “Resultados y análisis”. Además, estas se plantearon en base a los requisitos para el cumplimiento de los estándares ANSI/ESD S20.20-2021 e ISO/IEC 17025 para un diseño que ofrece alta eficiencia y confiabilidad.
- Se diseñó un sistema electromecánico para controlar adecuadamente el acceso a la EPA de TTR para la empresa Qorvo. Este es capaz de discriminar el paso de los colaboradores a dicha área en base a los resultados de las mediciones de los insumos antiestática, de forma que si el colaborador cumple con los requerimientos necesarios permite el ingreso de forma rápida, segura y sin la posibilidad de que pase más de un colaborador a la vez. En caso contrario, es capaz de bloquear el paso correctamente.
- Con la selección del sistema de torniquete tipo trípode, que cuenta con una carcasa de acero inoxidable, se consiguió aislar la gran mayoría de módulos involucrados.
- Se diseñó un sistema electrónico semiautomatizado, por medio de la unión de varios módulos, que permite la validación del funcionamiento de los insumos antiestática involucrados y la identificación de los colaboradores para brindar una respuesta lógica acorde a estos al mecanismo de control de acceso que permite, bajo los estándares mencionados, una respuesta confiable para garantizar o no el paso a las EPA.
- Se automatizó la toma de datos para cada medición que se realice en el equipo. Este registro automático cuenta con múltiples detalles para la correcta trazabilidad del estado del funcionamiento del equipo y las entradas del sistema según los requisitos para el cumplimiento de los estándares mencionados.

- Por medio de un prototipo funcional, fue posible la validación del sistema diseñado, con resultados satisfactorios para el grado de cumplimiento esperado para las especificaciones planteadas para las diferentes necesidades del cliente.
- Fue posible el diseño de un sistema que permita a la empresa en cuestión, generar una serie de ahorros suficiente para el financiamiento de esta inversión y posteriormente percibir ganancias en base a estos.

7.2 Recomendaciones

Recomendaciones en base a el mantenimiento del equipo y cumplimiento de los estándares ANSI/ESD S20.20-2021 e ISO/IEC 17025 para la solución propuesta:

- Además de los periodos ya establecidos para calibración del equipo, estar pendiente del estado de los resultados, de forma que en caso de alguna alteración del sistema se pueda notar la anomalía a tiempo e intervenir apropiadamente el equipo.
- Relacionado a lo anterior, se recomienda realizar un plan de revisión y mantenimiento del equipo para mantener y asegurarse de su correcto funcionamiento. Sobre todo, por la importancia que tendría este equipo a partir de su implementación para la seguridad de los productos respecto al ESD.
- A largo plazo, se recomienda negociar con el proveedor sobre un plan para la actualización del software de gestión de datos de ser necesario.
- Con la introducción de nuevos colaboradores a la EPA, se sugiere un programa de capacitación sobre el uso y la importancia de la implementación de un sistema de control de acceso para probar insumos antiestática.
- Para mantener los requisitos de trazabilidad y monitoreo de datos, se recomienda revisar regularmente los datos recopilados respecto a los registros de acceso, de forma que podamos darnos cuenta de que el sistema sigue recopilando adecuadamente la información deseada y asegurarse que se esté llevando a cabo el deseado control de ESD en la EPA.

- Si se desea mantener dicho cumplimiento de estándares a largo plazo, también es importante estar constantemente revisando si hay actualizaciones o cambios sobre estas normas.

Capítulo 8: Referencias bibliográficas


- [1] «Qorvo, Inc.» [En línea]. Disponible en: <https://www.qorvo.com/about-us>.
- [2] EOS/ESD Association, Inc., *ESD Association Standard for the Development of an Electrostatic Discharge Control Program for Protection of Electrical and Electronic Parts, Assemblies, and Equipment (Excluding Electrically Initiated Explosive Devices)*, S20.20-2021, 2021.
- [3] B. Kelechaba, «ANSI/ESD S20.20-2021: Protection of Electrical and Electronic Parts», ANSI, 9 Marzo 2022. [En línea]. Disponible en: <https://blog.ansi.org/ansi-esd-s20-20-2021-protection-electronic-parts/#gref>.
- [4] G. Admin, «Las ventajas de las taloneras ESD - Comercializadora GTZ», Comercializadora GTZ, [En línea]. Disponible en: <https://comerqtz.com/blog/que-son-las-taloner-as-esd-y-cuales-son-sus-grandes-ventajas>
- [5] BIOSEIF SRL, «Bioseif - Mayorista De Elementos De Seguridad Industrial,» [En línea]. Disponible en: <https://www.bioseif.com.ar/pulsera-antiestatica-corta-det--INANES001#:~:text=Protege%20los%20componentes%20electr%C3%B3nicos%20de,us o%20es%20simple%20y%20conveniente>
- [6] HID Global, «Preguntas frecuentes sobre RFID (identificación por radiofrecuencia)», [En línea]. Disponible en: <https://www.hidglobal.com/es/rfid-faq>
- [7] Tec-Mex, «Aplicaciones con RFID - FAQ», [En línea]. Disponible en: <https://tec-mex.com.mx/aplicaciones-con-rfid/>
- [8] F. Argüello, «¿Qué es el protocolo Wiegand?», infoteknico. Accedido el 4 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.infoteknico.com/que-es-el-protocolo-wiegand/>
- [9] E. Madrigal, «Matriz de confusión: una herramienta para evaluar tus modelos de clasificación en Machine Learning», Grow Up, [En línea]. Disponible en: <https://www.growupcr.com/post/matriz-confusion>

- [10] DataScientest, «¿Cómo aprovechar el rendimiento de la matriz de confusión?», Formación en ciencia de datos | DataScientest.com, [En línea]. Disponible en: <https://datascientest.com/es/matriz-de-confusion>
- [11] C. M. Bishop, *Pattern Recognition and Machine Learning*, New York, NY, USA: Springer, 2006.
- [12] E. Alpaydin, *Introduction to Machine Learning*, 3rd ed., Cambridge, MA, USA: MIT Press, 2014.
- [13] M. Groover, Automation, *Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*, 4th ed., Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson, 2015.
- [14] International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*, ISO/IEC 17025:2017, 3rd ed., Nov. 2017.
- [15] E. R. Alvarado Ureña, «Presentación de la norma ISO/IEC 17025», Grupo Empresarial ACCE, México, D.F., 2024.
- [16] «Connect, Protect and Build Everywhere», Connect, Protect and Build Everywhere | Cloudflare. Accedido el 5 de noviembre de 2024, [En línea]. Disponible: <https://www.cloudflare.com/>
- [17] S. Arvey, «Subnet vs VLAN», Orhan Ergun: Online IT Training on Networking, Security, Cloud. Accedido el 5 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://orhanergun.net/subnet-vs-vlan>
- [18] K. T. Ulrich y S. D. Eppinger, *Diseño y Desarrollo de Productos*, 5a ed., Mexico DF: McGraw-Hill, 2013.
- [19] Static Control Solutions, *Dual Combination Tester Installation, Operation and Maintenance*, TB-9094, 2024.
- [20] 3M, *740 Wrist Strap + Shoe Tester Operating Instructions*, MO 0765-0601, 2001.
- [21] ESD Gate, *ESD Turnstile Access Control System*, 17 Julio 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.esdgate.com/>



- [22] HID Global Corporation, *ProxCARD II Card*, 2007.
- [23] HID Global Corporation, *Installation Guide !CLASS SE / multiCLASS SE*, PLT-01579, Rev. A.6.
- [24] HID Global Corporation, *HID Proximity*, 2010.
- [25] United Technologies, *T-500SW Reader Mullion*, 430209001, 2019.
- [26] Macro Safe Gates, «Tripod turnstile,» Macro Safe Gates, [En línea]. Disponible en: https://www.macrosafegates.com/tripod-turnstile_0002
- [27] STMicroelectronics, «STMicroelectronics: Our technology starts with you», [En línea]. Disponible en: https://www.st.com/content/st_com/en.html
- [28] Macro Safe Gates, «Cotización para ESD Defender», Documento interno, 10 setiembre 2024.
- [29] National Electrical Manufacturers Association, «NEMA 5-15P: Specifications», [En línea]. Disponible en: <https://www.nema.org>
- [30] MEAN WELL, «GST25-SPEC», 2015.
- [31] Cables y Conductores Eléctricos, «Tipos y partes de un tomacorriente», 9 Enero 2024. [En línea]. Disponible en: <https://cablesyconductores.com/tomacorriente/>
- [32] MEAN WELL, «LRS-100-SPEC,» 2024.
- [33] DELIXI Electric, *DZ47-60 Series Circuit Breaker Technical Specifications*, [En línea]. Disponible en: <https://www.delixi-electric.com>
- [34] ESD Gate, *For Safer EPAs ESD Defender Instruction Manual. ESD Gate.*
- [35] Macro Safe Gates, *Turnstile gate Instruction manual. MSG.*
- [36] ESD Gate, *ESD Defender Monitor-User Guide*, ESD Gate.
- [37] Amazon, «Amazon.com en español. Gasta menos. Sonríe más.», [En línea]. Disponible en: <https://www.amazon.com/>

Capítulo 9: Apéndices

Apéndice A: Copia de certificado de calibración del probador seleccionado

 **深圳市中测计量检测技术有限公司**
Shenzhen Sinotest Measurement Technology Co., Ltd.

校准证书
Calibration Certificate

  中国认可
国际互认
校准
CALIBRATION
CNAS L4285

第 1 页 共 1 页
Page of

证书编号
Certificate No. ST202406036710

客户名称
Client Name 深圳市星晖智控科技有限公司
SHENZHEN MACROSAFE TECHNOLOGY CO., LTD.

地址
Address 深圳市龙华区福城街道桔塘社区桔岭新村270号荔泰工业园厂房3栋201、209
Room No. 201,209, Building 3, Leitai Industrial Park No 270, Juling New Village, Jutang Community Fucheng Street, Longhua District, Shenzhen, China

器具名称
Description 人体静电综合测试仪
ESD Combo Tester

型号/规格
Model/Type MS-E02 制造单位
Manufacturer 深圳市星晖智控科技有限公司
SHENZHEN MACROSAFE TECHNOLOGY CO., LTD.

器具编号
Serial No. MS24E020223117 管理编号
Management No. /


接收日期
Date of Receipt 2024 年 06 月 13 日
Year Month Day


校准日期
Calibration Date 2024 年 06 月 14 日
Year Month Day


建议下次校准日期
Due Date 2025 年 06 月 13 日
Year Month Day

发布日期
Issue Date 2024 年 06 月 14 日
Year Month Day

发证单位(专用章)
Issued by (stamp)

批准人:
Approved by 

核验员:
Inspected by 

校准员:
Calibrated by 

地址: 深圳市宝安区西乡街道凤凰岗社区宝安桃花源科技创新园蚝业分园厂房 B栋3层、1层 邮编: 518102
ADD: Floor 3, floor 4, building B, Haoye branch, Baoan Taohuayuan Science and Technology Innovation Park, Fenghuogang community, Xixiang Street, Bao'an district, Shenzhen 电话: 0755-27780080
网址: www.sinotest.cn
Email: 888@sinotest.cn

版本号: ST-LC-14-12-1

Figura 9-1. Certificado de calibración (parte 1).



证书说明

DIRECTIONS

证书编号
Certificate No. ST202406036710

第 2 页 共 1 页
Page of

- 一、 我司是独立的第三方计量校准服务机构。
Our company is an independent third-party calibration services.
- 二、 本证书中的数据均可溯源至国际单位制 (SI) 单位和/或社会公用计量标准。
The data in this certificate can be traced to International System of Units (SI) and/or social public measurement standards.
- 三、 本校准证书包含的数据和信息仅对本次被校准的计量器具负责。
The calibration certificate contains data and information applies only to the calibrated instrument.
- 四、 本校准证书具有唯一性, 我司仅对证书原件负责。
The calibration certificate has uniqueness, we only charge of original certificate.
- 五、 未经本公司批准, 不得部分复印、挪用或篡改证书的内容。复印此证书未加盖我司“证书专用章”无效。
Copying or using select parts or tampering with this document without the permission of our company is forbidden.
- 六、 证书上的认可标识打印方为有效, 如出现其他形式加盖的认可标识为无效标识。
Copies of this certificate without an official stamp of calibration are not valid.
Authentication marks on certificates are printed to be valid, and other forms of affirmation marks are invalid.
- 七、 我司对本证书的内容拥有最终解释权。
This certificate of content with our final interpretation.
- 八、 本次校准所用的测量标准都可溯源到基于国际单位制 (SI) 的国家或国际基 (标) 准。
The standards listed are traceable to the national or international reference standards based on SI Units.
- 九、 带*的参数项目表示不在CNAS认可范围内。
Parameter with asterisk '*' is not within the accreditation by CNAS.
- 十、 本次校准的技术依据文件及我司该项CNAS认可范围, 超出范围的数据不在CNAS认可范围内;
Reference documents for the Calibration and the CNAS accreditation range, Beyond the scope of the data is not within the accreditation by CNAS;
JJF(电子)31502-2010 静电腕带/脚踏测试仪校准规范

本次校准使用主要计量标准器具

Main Standards of Measurement Used

名称 Description	设备编号 Equipment No.	证书编号 Certificate No.	有效期至 Due date	溯源机构 Actorator
绝缘电阻表检定装置	DX-BZ-161	DYQ202420183/DYQ202420182	2025-01-31	广东省计量科学研究院

附加说明

Appended Directions

校准地点: Operation Location:	本公司实验室【电学室】			
环境条件: Operation Environment:	温 度: Temperature:	22.5 °C	相对湿度: Relative Humidity:	56 %
相关使用说明: Statement of Compliance Limitation:	参照校准结果使用			

Figura 9-2. Certificado de calibración (parte 2).



校准结果 Results of Calibration

证书编号 ST202406036710
Certificate No.

第 3 页 共 4 页
Page of

1. 外观及工作性能检查:
(Appearance & Working Performance Check) 符合 (Pass)

2. 腕带低端电阻:

Low Resistance Of Wrist Band

标称值 Nominal Value	实测值 Measured Value	技术要求 Technical Requirement	结论 Pass/Fail
750k Ω	749k Ω	(675~825)k Ω	P

3. 腕带高端电阻:

High-end Resistance Of Wrist Band

标称值 Nominal Value	实测值 Measured Value	技术要求 Technical Requirement	结论 Pass/Fail
10M Ω	10.14M Ω	(9~11)M Ω	P

4. 右脚盘低端电阻:

Footer Resistance

标称值 Nominal Value	实测值 Measured Value	技术要求 Technical Requirement	结论 Pass/Fail
750k Ω	747k Ω	(675~825)k Ω	P

5. 右脚盘高端电阻:

Footrest Resistance

标称值 Nominal Value	实测值 Measured Value	技术要求 Technical Requirement	结论 Pass/Fail
35M Ω	35.65M Ω	(31.5~38.5)M Ω	P

6. 左脚盘低端电阻:

Footer Resistance

标称值 Nominal Value	实测值 Measured Value	技术要求 Technical Requirement	结论 Pass/Fail
750k Ω	747k Ω	(675~825)k Ω	P

7. 左脚盘高端电阻:

Footrest Resistance

标称值 Nominal Value	实测值 Measured Value	技术要求 Technical Requirement	结论 Pass/Fail
35M Ω	34.73M Ω	(31.5~38.5)M Ω	P

Figura 9-3. Certificado de calibración (parte 3).

Apéndice B: Datos recopilados en la base de datos

Time	Name	ESD Defender	Test Type	Wrist Strap Type	Result	Wrist Strap	Left	Right	Units	Department
10/15/2024 10:22	Yendry Noguera	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	1.81	4.18	2.82	MOHM	TTR
10/15/2024 10:22	Yendry Noguera	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	2010.1	2100	MOHM	TTR
10/15/2024 10:22	Yendry Noguera	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.76	3.56	2100	MOHM	TTR
10/15/2024 10:23	Yendry Noguera	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	2100	2010.1	MOHM	TTR
10/15/2024 10:23	Yendry Noguera	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.83	2100	3.84	MOHM	TTR
10/15/2024 10:23	Yendry Noguera	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	2.91	2.99	MOHM	TTR
10/15/2024 10:24	Jorge Song	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	1.31	2.34	2.37	MOHM	TTR
10/15/2024 10:25	Jorge Song	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.43	5.43	761.5	MOHM	TTR
10/15/2024 10:25	Jorge Song	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.31	226.5	2.47	MOHM	TTR
10/15/2024 10:26	Jorge Song	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	2.41	2.5	MOHM	TTR
10/15/2024 10:27	Elmer Palacio	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	1.32	2.5	2.63	MOHM	TTR
10/15/2024 10:28	Elmer Palacio	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.58	2.6	467.8	MOHM	TTR
10/15/2024 10:28	Elmer Palacio	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.69	348	2.78	MOHM	TTR
10/15/2024 10:29	Elmer Palacio	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	2.61	2.63	MOHM	TTR
10/15/2024 10:31	Daniel Sanchez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	4.87	4.8	5	MOHM	TTR
10/15/2024 10:32	Daniel Sanchez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2.61	4.02	2100	MOHM	TTR
10/15/2024 10:34	Daniel Sanchez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2.88	1090	62.66	MOHM	TTR
10/15/2024 10:35	Daniel Sanchez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	39.64	22.58	MOHM	TTR
10/15/2024 10:36	Evelyn Alvarez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	1.97	3.82	3.68	MOHM	TTR
10/15/2024 10:37	Evelyn Alvarez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.89	3.84	2100	MOHM	TTR
10/15/2024 10:38	Evelyn Alvarez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.62	2100	36.76	MOHM	TTR
10/15/2024 10:38	Evelyn Alvarez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	38.07	26.66	MOHM	TTR
10/15/2024 10:39	Kenneth Ramirez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	11.37	7.55	6.36	MOHM	TTR
10/15/2024 10:40	Kenneth Ramirez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	5.95	3.04	2100	MOHM	TTR
10/15/2024 10:41	Kenneth Ramirez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	3.11	2100	3.86	MOHM	TTR
10/15/2024 10:42	Kenneth Ramirez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	3.84	3.31	MOHM	TTR
10/15/2024 10:42	Goldy Calvo	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	1.47	2.45	2.46	MOHM	TTR
10/15/2024 10:43	Goldy Calvo	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.53	2.5	610.1	MOHM	TTR
10/15/2024 10:43	Goldy Calvo	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.43	503.3	2.49	MOHM	TTR
10/15/2024 10:44	Goldy Calvo	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	2.33	2.32	MOHM	TTR
10/15/2024 10:45	Jose Cascante	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	2.33	4.25	5.93	MOHM	TTR
10/15/2024 10:46	Jose Cascante	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.36	2.64	1280	MOHM	TTR
10/15/2024 10:46	Jose Cascante	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.75	2100	3.26	MOHM	TTR
10/15/2024 10:48	Jose Cascante	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	2.56	2.5	MOHM	TTR
10/15/2024 10:49	Deibin Solano	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	1.31	2.49	2.49	MOHM	TTR
10/15/2024 10:49	Deibin Solano	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.19	2.32	645.6	MOHM	TTR
10/15/2024 10:50	Deibin Solano	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.25	1020	2.43	MOHM	TTR
10/15/2024 10:50	Deibin Solano	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	29.94	2.66	2.71	MOHM	TTR
10/15/2024 10:51	Deibin Solano	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	55.42	2.36	2.37	MOHM	TTR
10/15/2024 10:51	Geovanni Portuguez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	9.85	3.51	7.85	MOHM	TTR
10/15/2024 10:51	Geovanni Portuguez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.23	2.39	756	MOHM	TTR
10/15/2024 10:52	Geovanni Portuguez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.62	669.9	3	MOHM	TTR
10/16/2024 10:52	Geovanni Portuguez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	249	2.58	2.55	MOHM	TTR

Figura 9-4. Resultados de colaboradores del turno A el 15/10/2024 durante horas de la mañana.

10/16/2024 15:32	Yendry Noguera	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	1.54	2.79	2.54	MOHM	TTR
10/16/2024 15:32	Yendry Noguera	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.56	2.68	2100	MOHM	TTR
10/16/2024 15:33	Yendry Noguera	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.76	2100	2.54	MOHM	TTR
10/16/2024 15:33	Yendry Noguera	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	2.63	2.49	MOHM	TTR
10/16/2024 15:35	Jorge Song	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	1.48	2.76	2.56	MOHM	TTR
10/16/2024 15:36	Jorge Song	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.49	2.74	133.4	MOHM	TTR
10/16/2024 15:36	Jorge Song	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.62	2100	2.96	MOHM	TTR
10/16/2024 15:37	Jorge Song	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	2.62	2.59	MOHM	TTR
10/16/2024 15:38	Elmer Palacio	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	1.36	2.42	2.43	MOHM	TTR
10/16/2024 15:38	Elmer Palacio	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.46	2.55	896	MOHM	TTR
10/16/2024 15:40	Elmer Palacio	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.58	842.3	2.77	MOHM	TTR
10/16/2024 15:40	Elmer Palacio	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	2.3	2.3	MOHM	TTR
10/16/2024 15:42	Daniel Sanchez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	1.55	2.64	2.8	MOHM	TTR
10/16/2024 15:44	Daniel Sanchez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.64	2.92	2100	MOHM	TTR
10/16/2024 15:45	Daniel Sanchez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.46	2100	2.93	MOHM	TTR
10/16/2024 15:47	Daniel Sanchez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	2.82	2.93	MOHM	TTR
10/16/2024 15:47	Evelyn Alvarez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	1.32	2.45	2.46	MOHM	TTR
10/16/2024 15:48	Evelyn Alvarez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	2.29	1060	MOHM	TTR
10/16/2024 15:48	Evelyn Alvarez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.47	2.68	785.2	MOHM	TTR
10/16/2024 15:49	Evelyn Alvarez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.36	1310	2.52	MOHM	TTR
10/16/2024 15:51	Evelyn Alvarez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	2.82	2.84	MOHM	TTR
10/16/2024 15:52	Kenneth Ramirez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	5.62	3.85	3.14	MOHM	TTR
10/16/2024 15:52	Kenneth Ramirez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	6.91	3.61	2100	MOHM	TTR
10/16/2024 15:54	Kenneth Ramirez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	8.24	2100	6.88	MOHM	TTR
10/16/2024 15:55	Kenneth Ramirez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	3.96	3.46	MOHM	TTR
10/16/2024 15:59	Goldy Calvo	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	2.12	6.03	10.37	MOHM	TTR
10/16/2024 16:00	Goldy Calvo	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2.01	4.41	2100	MOHM	TTR
10/16/2024 16:01	Goldy Calvo	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2.14	1870	5.26	MOHM	TTR
10/16/2024 16:02	Goldy Calvo	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	3.62	5.55	MOHM	TTR
10/16/2024 16:02	Deibin Solano	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	1.47	2.39	2.41	MOHM	TTR
10/16/2024 16:03	Deibin Solano	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.52	2.32	1310	MOHM	TTR
10/16/2024 16:03	Deibin Solano	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2.07	873.6	3.12	MOHM	TTR
10/16/2024 16:04	Deibin Solano	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	2.3	2.36	MOHM	TTR
10/16/2024 16:04	Jose Cascante	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	1.41	2.55	2.62	MOHM	TTR
10/16/2024 16:04	Jose Cascante	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.25	2.36	871.2	MOHM	TTR
10/16/2024 16:04	Jose Cascante	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.37	610.9	2.56	MOHM	TTR
10/16/2024 16:05	Jose Cascante	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	2.32	2.35	MOHM	TTR
10/16/2024 16:05	Geovanni Portuguez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	1.42	2.56	2.62	MOHM	TTR
10/16/2024 16:05	Geovanni Portuguez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.29	2.43	878.5	MOHM	TTR
10/16/2024 16:06	Geovanni Portuguez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.24	705.6	2.41	MOHM	TTR
10/16/2024 16:06	Geovanni Portuguez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	2.44	2.44	MOHM	TTR

Figura 9-5. Resultados de colaboradores del turno A el 16/10/2024 durante horas de la tarde.

10/17/2024 10:42	Jose Cano	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	1.33	2.29	2.34	TP	MOHM	TTR
10/17/2024 10:43	Jose Cano	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.41	2.3	245.3	TN	MOHM	TTR
10/17/2024 10:43	Jose Cano	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.31	2100	2.39	TN	MOHM	TTR
10/17/2024 10:44	Jose Cano	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	2.48	2.62	TN	MOHM	TTR
10/17/2024 10:45	Jordan Calderón	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	1.21	5.06	11.47	TP	MOHM	TTR
10/17/2024 10:46	Jordan Calderón	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.36	5.84	715.4	TN	MOHM	TTR
10/17/2024 10:46	Jordan Calderón	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.35	743.9	5.12	TN	MOHM	TTR
10/17/2024 10:47	Jordan Calderón	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	5.32	5.7	TN	MOHM	TTR
10/17/2024 10:47	Dianny Cortés	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	2.44	8.32	5.46	TP	MOHM	TTR
10/17/2024 10:47	Dianny Cortés	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.25	2.39	2100	TN	MOHM	TTR
10/17/2024 10:48	Dianny Cortés	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2.53	2100	4.55	TN	MOHM	TTR
10/17/2024 10:48	Dianny Cortés	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	2.86	2.86	TN	MOHM	TTR
10/17/2024 10:53	Sofía Padilla	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	31.5	4.82	2100	TN	MOHM	TTR
10/17/2024 10:54	Sofía Padilla	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	1.34	2.64	2.61	TP	MOHM	TTR
10/17/2024 10:55	Sofía Padilla	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.24	2.43	2100	TN	MOHM	TTR
10/17/2024 10:55	Sofía Padilla	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.34	2100	2.59	TN	MOHM	TTR
10/17/2024 10:56	Sofía Padilla	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	2.82	2.78	TN	MOHM	TTR
10/17/2024 10:57	Pablo Morales	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2.76	7.64	262.2	TN	MOHM	TTR
10/17/2024 10:58	Pablo Morales	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	2010.1	2010.1	FN	MOHM	TTR
10/17/2024 10:58	Pablo Morales	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	2.27	6.62	3.79	TP	MOHM	TTR
10/17/2024 10:59	Pablo Morales	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	2010.1	2100	FN	MOHM	TTR
10/17/2024 10:59	Pablo Morales	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.94	6.14	2100	TN	MOHM	TTR
10/17/2024 11:00	Pablo Morales	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	2100	1540	FN	MOHM	TTR
10/17/2024 11:00	Pablo Morales	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2.6	2100	2.84	TN	MOHM	TTR
10/17/2024 11:00	Pablo Morales	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	6.88	3.16	TN	MOHM	TTR
10/17/2024 11:01	Andrey Cárdenas	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	5.94	3.52	3.26	TP	MOHM	TTR
10/17/2024 11:02	Andrey Cárdenas	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	7.76	2.79	1570	TN	MOHM	TTR
10/17/2024 11:02	Andrey Cárdenas	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2.06	2100	2.6	TN	MOHM	TTR
10/17/2024 11:03	Andrey Cárdenas	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	2.83	2.82	TN	MOHM	TTR
10/17/2024 11:04	Rodrigo Sánchez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	1.65	3.08	3.04	TP	MOHM	TTR
10/17/2024 11:04	Rodrigo Sánchez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.5	2.79	250.2	TN	MOHM	TTR
10/17/2024 11:05	Rodrigo Sánchez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.54	253.1	2.83	TN	MOHM	TTR
10/17/2024 11:06	Rodrigo Sánchez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	2.87	2.82	TN	MOHM	TTR
10/17/2024 11:07	Natalia Chacón	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	1.56	3.02	3.02	TP	MOHM	TTR
10/17/2024 11:07	Natalia Chacón	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2.29	4.26	1330	TN	MOHM	TTR
10/17/2024 11:08	Natalia Chacón	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	No Test	No Test	No Test	FP	MOHM	TTR
10/17/2024 11:08	Natalia Chacón	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.82	731.1	3.47	TN	MOHM	TTR
10/17/2024 11:08	Natalia Chacón	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	3	3.03	TN	MOHM	TTR
10/17/2024 11:10	Montserrat Zárate	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	1.19	20.63	22.33	TP	MOHM	TTR
10/17/2024 11:10	Montserrat Zárate	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.24	21.44	2100	TN	MOHM	TTR
10/17/2024 11:11	Montserrat Zárate	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.25	2100	29.83	TN	MOHM	TTR
10/17/2024 11:12	Montserrat Zárate	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	15.21	21.96	26.18	FP	MOHM	TTR
10/17/2024 11:13	Montserrat Zárate	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	49.09	20.4	26.74	TN	MOHM	TTR
10/17/2024 11:13	Carlos Seas	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	24.29	2.3	2.26	TP	MOHM	TTR
10/17/2024 11:13	Carlos Seas	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.2	2.3	2100	TN	MOHM	TTR
10/17/2024 11:14	Carlos Seas	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.28	2100	2.46	TN	MOHM	TTR
10/17/2024 11:14	Carlos Seas	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	2.34	2.48	TN	MOHM	TTR

Figura 9-6. Resultados de colaboradores del turno B el 17/10/2024 durante horas de la mañana.

10/18/2024 15:09	Jose Cano	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	1.18	2.3	2.29	MOHM	TTR
10/18/2024 15:10	Jose Cano	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.24	2.37	987.7	MOHM	TTR
10/18/2024 15:10	Jose Cano	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.28	2100	2.37	MOHM	TTR
10/18/2024 15:11	Jose Cano	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	2.36	2.33	MOHM	TTR
10/18/2024 15:12	Jordan Calderón	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	1.42	5.29	3.85	MOHM	TTR
10/18/2024 15:13	Jordan Calderón	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.27	4.49	683.8	MOHM	TTR
10/18/2024 15:13	Jordan Calderón	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.42	832.6	4.33	MOHM	TTR
10/18/2024 15:14	Jordan Calderón	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	4.57	3.89	MOHM	TTR
10/18/2024 15:16	Dianny Cortés	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	1.91	2.61	2.6	MOHM	TTR
10/18/2024 15:17	Dianny Cortés	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2.72	2.43	2100	MOHM	TTR
10/18/2024 15:17	Dianny Cortés	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2.13	2100	2.62	MOHM	TTR
10/18/2024 15:18	Dianny Cortés	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	2.49	2.62	MOHM	TTR
10/18/2024 15:21	Sofía Padilla	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	1.94	3	3.16	MOHM	TTR
10/18/2024 15:22	Sofía Padilla	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2	3.03	2100	MOHM	TTR
10/18/2024 15:22	Sofía Padilla	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.81	2100	2.98	MOHM	TTR
10/18/2024 15:23	Sofía Padilla	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	3	2.89	MOHM	TTR
10/18/2024 15:25	Pablo Morales	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	1.73	2.91	3.01	MOHM	TTR
10/18/2024 15:25	Pablo Morales	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.54	2.79	147.4	MOHM	TTR
10/18/2024 15:26	Pablo Morales	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.53	146	2.82	MOHM	TTR
10/18/2024 15:27	Pablo Morales	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	2.53	2.58	MOHM	TTR
10/18/2024 15:30	Andrey Cárdenas	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	1.31	2.47	2.47	MOHM	TTR
10/18/2024 15:30	Andrey Cárdenas	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.24	2.4	2100	MOHM	TTR
10/18/2024 15:31	Andrey Cárdenas	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.25	2100	2.37	MOHM	TTR
10/18/2024 15:31	Andrey Cárdenas	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	2.34	2.36	MOHM	TTR
10/18/2024 15:32	Rodrigo Sánchez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	2.02	2.85	2.92	MOHM	TTR
10/18/2024 15:32	Rodrigo Sánchez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.97	2.61	2100	MOHM	TTR
10/18/2024 15:33	Rodrigo Sánchez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2.01	2100	2.96	MOHM	TTR
10/18/2024 15:34	Rodrigo Sánchez	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	3.61	3.67	MOHM	TTR
10/18/2024 15:38	Natalia Chacón	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	2.45	4.57	4.51	MOHM	TTR
10/18/2024 15:38	Natalia Chacón	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2.55	4.54	756	MOHM	TTR
10/18/2024 15:38	Natalia Chacón	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	372.1	558.4	MOHM	TTR
10/18/2024 15:39	Natalia Chacón	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2.28	269.5	8.68	MOHM	TTR
10/18/2024 15:39	Natalia Chacón	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	2.79	2.81	MOHM	TTR
10/18/2024 15:40	Montserrat Zárate	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	1.29	2.45	2.45	MOHM	TTR
10/18/2024 15:40	Montserrat Zárate	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.25	2.41	840	MOHM	TTR
10/18/2024 15:40	Montserrat Zárate	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.2	2100	2.28	MOHM	TTR
10/18/2024 15:41	Montserrat Zárate	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	2.46	2.46	MOHM	TTR
10/18/2024 15:42	Carlos Seas	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Pass	1.3	2.4	2.42	MOHM	TTR
10/18/2024 15:42	Carlos Seas	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.25	2.35	1280	MOHM	TTR
10/18/2024 15:42	Carlos Seas	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	1.29	2100	2.37	MOHM	TTR
10/18/2024 15:43	Carlos Seas	ESD Defender 1	Wrist Strap + Footwear	Single-Wire	Fail	2100	2.55	2.56	MOHM	TTR

Figura 9-7. Resultados de colaboradores del turno B el 18/10/2024 durante horas de la tarde.

Apéndice C: Datos complementarios recolectados

# Prueba	Nombre	Turno	Lectura de identificación	Respuesta lógica para el acceso	Respuesta del actuador para el control de acceso	personas/a cceso	Guardado de datos	Cantidad de datos guardados	Tiempo de prueba (s)	Paso bidireccional
1	Yendry Noguera	A	+	+	+	1	+	10	6	+
2	Yendry Noguera	A	+	+	+	0	+	10		
3	Yendry Noguera	A	+	+	+	0	+	10		
4	Yendry Noguera	A	+	+	+	0	+	10		
5	Yendry Noguera	A	+	+	+	0	+	10		
6	Yendry Noguera	A	+	+	+	0	+	10		
7	Jorge Song	A	+	+	+	1	+	10	5	+
8	Jorge Song	A	+	+	+	0	+	10		
9	Jorge Song	A	+	+	+	0	+	10		
10	Jorge Song	A	+	+	+	0	+	10		
11	Elmer Palacio	A	+	+	+	1	+	10	7	+
12	Elmer Palacio	A	+	+	+	0	+	10		
13	Elmer Palacio	A	+	+	+	0	+	10		
14	Elmer Palacio	A	+	+	+	0	+	10		
15	Daniel Sanchez	A	+	+	+	1	+	10	4	+
16	Daniel Sanchez	A	+	+	+	0	+	10		
17	Daniel Sanchez	A	+	+	+	0	+	10		
18	Daniel Sanchez	A	+	+	+	0	+	10		
19	Evelyn Alvarez	A	+	+	+	1	+	10	3	+
20	Evelyn Alvarez	A	+	+	+	0	+	10		
21	Evelyn Alvarez	A	+	+	+	0	+	10		
22	Evelyn Alvarez	A	+	+	+	0	+	10		
23	Kenneth Ramirez	A	+	+	+	1	+	10	4	+
24	Kenneth Ramirez	A	+	+	+	0	+	10		
25	Kenneth Ramirez	A	+	+	+	0	+	10		
26	Kenneth Ramirez	A	+	+	+	0	+	10		
27	Goldy Calvo	A	+	+	+	1	+	10	4	+
28	Goldy Calvo	A	+	+	+	0	+	10		
29	Goldy Calvo	A	+	+	+	0	+	10		
30	Goldy Calvo	A	+	+	+	0	+	10		
31	Jose Cascante	A	+	+	+	1	+	10	4	+
32	Jose Cascante	A	+	+	+	0	+	10		
33	Jose Cascante	A	+	+	+	0	+	10		
34	Jose Cascante	A	+	+	+	0	+	10		
35	Deibin Solano	A	+	+	+	1	+	10	6	+
36	Deibin Solano	A	+	+	+	0	+	10		
37	Deibin Solano	A	+	+	+	0	+	10		
38	Deibin Solano	A	+	+	+	1	+	10	5	+
39	Deibin Solano	A	+	+	+	0	+	10		
40	Geovanni Portuguez	A	+	+	+	1	+	10	4	+
41	Geovanni Portuguez	A	+	+	+	0	+	10		
42	Geovanni Portuguez	A	+	+	+	0	+	10		
43	Geovanni Portuguez	A	+	+	+	0	+	10		
44	Yendry Noguera	A	+	+	+	1	+	10	3	+
45	Yendry Noguera	A	+	+	+	0	+	10		
46	Yendry Noguera	A	+	+	+	0	+	10		
47	Yendry Noguera	A	+	+	+	0	+	10		
48	Jorge Song	A	+	+	+	1	+	10	5	+
49	Jorge Song	A	+	+	+	0	+	10		
50	Jorge Song	A	+	+	+	0	+	10		
51	Jorge Song	A	+	+	+	0	+	10		
52	Elmer Palacio	A	+	+	+	1	+	10	4	+
53	Elmer Palacio	A	+	+	+	0	+	10		
54	Elmer Palacio	A	+	+	+	0	+	10		
55	Elmer Palacio	A	+	+	+	0	+	10		
56	Daniel Sanchez	A	+	+	+	1	+	10	5	+
57	Daniel Sanchez	A	+	+	+	0	+	10		
58	Daniel Sanchez	A	+	+	+	0	+	10		
59	Daniel Sanchez	A	+	+	+	0	+	10		
60	Evelyn Alvarez	A	+	+	+	1	+	10	6	+
61	Evelyn Alvarez	A	+	+	+	0	+	10		
62	Evelyn Alvarez	A	+	+	+	0	+	10		
63	Evelyn Alvarez	A	+	+	+	0	+	10		
64	Evelyn Alvarez	A	+	+	+	0	+	10		
65	Kenneth Ramirez	A	+	+	+	1	+	10	3	+
66	Kenneth Ramirez	A	+	+	+	0	+	10		
67	Kenneth Ramirez	A	+	+	+	0	+	10		
68	Kenneth Ramirez	A	+	+	+	0	+	10		
69	Goldy Calvo	A	+	+	+	1	+	10	4	+
70	Goldy Calvo	A	+	+	+	0	+	10		
71	Goldy Calvo	A	+	+	+	0	+	10		
72	Goldy Calvo	A	+	+	+	0	+	10		
73	Goldy Calvo	A	+	+	+	0	+	10		
74	Deibin Solano	A	+	+	+	1	+	10	7	+
75	Deibin Solano	A	+	+	+	0	+	10		
76	Deibin Solano	A	+	+	+	0	+	10		
77	Deibin Solano	A	+	+	+	0	+	10		
78	Jose Cascante	A	+	+	+	1	+	10	4	+
79	Jose Cascante	A	+	+	+	0	+	10		
80	Jose Cascante	A	+	+	+	0	+	10		
81	Jose Cascante	A	+	+	+	0	+	10		
82	Geovanni Portuguez	A	+	+	+	1	+	10	3	+
83	Geovanni Portuguez	A	+	+	+	0	+	10		
84	Geovanni Portuguez	A	+	+	+	0	+	10		
85	Geovanni Portuguez	A	+	+	+	0	+	10		
86	Jose Cano	B	+	+	+	1	+	10	5	+
87	Jose Cano	B	+	+	+	0	+	10		

Figura 9-8. Recopilación de datos adicionales (parte 1).

88	Jose Cano	B	+	+	+	0	+	10		
89	Jose Cano	B	+	+	+	0	+	10		
90	Jordan Calderón	B	+	+	+	1	+	10	4	+
91	Jordan Calderón	B	+	+	+	0	+	10		
92	Jordan Calderón	B	+	+	+	0	+	10		
93	Jordan Calderón	B	+	+	+	0	+	10		
94	Dianny Cortés	B	+	+	+	1	+	10	4	+
95	Dianny Cortés	B	+	+	+	0	+	10		
96	Dianny Cortés	B	+	+	+	0	+	10		
97	Dianny Cortés	B	+	+	+	0	+	10		
98	Sofía Padilla	B	+	+	+	0	+	10		
99	Sofía Padilla	B	+	+	+	1	+	10	5	+
100	Sofía Padilla	B	+	+	+	0	+	10		
101	Sofía Padilla	B	+	+	+	0	+	10		
102	Sofía Padilla	B	+	+	+	0	+	10		
103	Pablo Morales	B	+	+	+	0	+	10		
104	Pablo Morales	B	+	+	+	0	+	10		
105	Pablo Morales	B	+	+	+	1	+	10	4	+
106	Pablo Morales	B	+	+	+	0	+	10		
107	Pablo Morales	B	+	+	+	0	+	10		
108	Pablo Morales	B	+	+	+	0	+	10		
109	Pablo Morales	B	+	+	+	0	+	10		
110	Pablo Morales	B	+	+	+	0	+	10		
111	Andrey Cárdenas	B	+	+	+	1	+	10	4	+
112	Andrey Cárdenas	B	+	+	+	0	+	10		
113	Andrey Cárdenas	B	+	+	+	0	+	10		
114	Andrey Cárdenas	B	+	+	+	0	+	10		
115	Rodrigo Sánchez	B	+	+	+	1	+	10	3	+
116	Rodrigo Sánchez	B	+	+	+	0	+	10		
117	Rodrigo Sánchez	B	+	+	+	0	+	10		
118	Rodrigo Sánchez	B	+	+	+	0	+	10		
119	Natalia Chacón	B	+	+	+	1	+	10	4	+
120	Natalia Chacón	B	+	+	+	0	+	10		
121	Natalia Chacón	B	+	-	+	1	-	7	6	+
122	Natalia Chacón	B	+	+	+	0	+	10		
123	Natalia Chacón	B	+	+	+	0	+	10		
124	Montserrat Zárate	B	+	+	+	1	+	10	4	+
125	Montserrat Zárate	B	+	+	+	0	+	10		
126	Montserrat Zárate	B	+	+	+	0	+	10		
127	Montserrat Zárate	B	+	+	+	1	+	10	3	+
128	Montserrat Zárate	B	+	+	+	0	+	10		
129	Carlos Seas	B	+	+	+	1	+	10	6	+
130	Carlos Seas	B	+	+	+	0	+	10		
131	Carlos Seas	B	+	+	+	0	+	10		
132	Carlos Seas	B	+	+	+	0	+	10		
133	Jose Cano	B	+	+	+	1	+	10	4	+
134	Jose Cano	B	+	+	+	0	+	10		
135	Jose Cano	B	+	+	+	0	+	10		
136	Jose Cano	B	+	+	+	0	+	10		
137	Jordan Calderón	B	+	+	+	1	+	10	3	+
138	Jordan Calderón	B	+	+	+	0	+	10		
139	Jordan Calderón	B	+	+	+	0	+	10		
140	Jordan Calderón	B	+	+	+	0	+	10		
141	Dianny Cortés	B	+	+	+	1	+	10	3	+
142	Dianny Cortés	B	+	+	+	0	+	10		
143	Dianny Cortés	B	+	+	+	0	+	10		
144	Dianny Cortés	B	+	+	+	0	+	10		
145	Sofía Padilla	B	+	+	+	1	+	10	4	+
146	Sofía Padilla	B	+	+	+	0	+	10		
147	Sofía Padilla	B	+	+	+	0	+	10		
148	Sofía Padilla	B	+	+	+	0	+	10		
149	Pablo Morales	B	+	+	+	1	+	10	3	+
150	Pablo Morales	B	+	+	+	0	+	10		
151	Pablo Morales	B	+	+	+	0	+	10		
152	Pablo Morales	B	+	+	+	0	+	10		
153	Andrey Cárdenas	B	+	+	+	1	+	10	4	+
154	Andrey Cárdenas	B	+	+	+	0	+	10		
155	Andrey Cárdenas	B	+	+	+	0	+	10		
156	Andrey Cárdenas	B	+	+	+	0	+	10		
157	Rodrigo Sánchez	B	+	+	+	1	+	10	4	+
158	Rodrigo Sánchez	B	+	+	+	0	+	10		
159	Rodrigo Sánchez	B	+	+	+	0	+	10		
160	Rodrigo Sánchez	B	+	+	+	0	+	10		
161	Natalia Chacón	B	+	+	+	1	+	10	4	+
162	Natalia Chacón	B	+	+	+	0	+	10		
163	Natalia Chacón	B	+	+	+	0	+	10		
164	Natalia Chacón	B	+	+	+	0	+	10		
165	Natalia Chacón	B	+	+	+	0	+	10		
166	Montserrat Zárate	B	+	+	+	1	+	10	5	+
167	Montserrat Zárate	B	+	+	+	0	+	10		
168	Montserrat Zárate	B	+	+	+	0	+	10		
169	Montserrat Zárate	B	+	+	+	0	+	10		
170	Carlos Seas	B	+	+	+	1	+	10	4	+
171	Carlos Seas	B	+	+	+	0	+	10		
172	Carlos Seas	B	+	+	+	0	+	10		
173	Carlos Seas	B	+	+	+	0	+	10		

Figura 9-9. Recopilación de datos adicionales (parte 2).

Capítulo 10: Anexos

Anexo 1: Hoja de datos del probador marca SCS

SCS

USER GUIDE TB-9094

Dual Combination Tester Installation, Operation and Maintenance

Made in the
United States of America




Figure 1. SCS 770758 Dual Combination Tester and Dual Foot Plate

Description

The SCS Dual Combination Tester verifies the functionality of personnel grounding devices (wrist straps¹, foot grounders, ESD shoes, smocks²). Three independent tests are performed simultaneously on the wrist strap and each foot. Green lights indicate a pass condition. Red and yellow lights plus an audible alarm indicate when the wrist strap and/or footwear (left or right) have failed. DIP switches may be accessed for test limit preferences. Access control to an ESD Protected Area can be further enforced by using the relay terminal on the Dual Combination Tester and connecting it to an electronic door lock or turnstile to grant access only to those who have passed their personal grounding device tests. The Dual Combination Tester is calibrated to NIST standards.

SCS Dual Combination Tester Technology

- The solid-state touch test switch maintains test accuracy and extends the lifetime of the tester
- The 30 volt test signal increases test reliability

The factory test limits are set to:
 Wrist Straps: 750 kilohms and 10 megohms
 Footwear: 750 kilohms and 35 megohms

(See page 3 for alternate test limit settings)

The Dual Combination Tester and its accessories are available as the following item numbers:

Item	Description
770758	Dual Combination Tester
770759	Stand, for Dual Combination Tester
770769	Limit Comparator
770748	Replacement Dual Foot Plate
770749	Replacement Foot Plate Cord
770752	Replacement Power Adapter

Per ANSI/ESD S20.20 section 7.3 "A Compliance Verification Plan shall be established to ensure the Organization's fulfillment of the technical requirements of the ESD Control Program Plan. Process monitoring (measurements) shall be conducted in accordance with a Compliance Verification Plan that identifies the technical requirements to be verified, the measurement limits and the frequency at which those verifications shall occur. The Compliance Verification Plan shall document the test methods and equipment used for process monitoring and measurements. ... The test equipment selected shall be capable of making the measurements defined in the Compliance Verification Plan."

Per ANSI/ESD S1.1 Annex A.3 Frequency of System Testing "The wrist strap system should be tested daily to ensure proper electrical resistance."

"Compliance verification should be performed prior to each use (daily, shift change, etc.). The accumulation of insulative materials may increase the foot grounder system resistance. If foot grounders are worn outside the ESD protected area testing for functionality before reentry to the ESD protected area should be considered." (ESD SP9.2 APPENDIX B - Foot Grounder Usage Guidance)

1. The Dual Combination Tester can verify single-wire and dual-wire wrist straps.
2. The Dual Combination Tester will also test a Groundable Static Control Garment System. The Groundable Static Control Garment System must have an RTG of $< 3.5 \times 10^7$ ohms to meet the required limit of ANSI/ESD S20.20 tested per ANSI/ESD STM2.1 and ESD TR53.

SCS - 926 JR Industrial Drive, Sanford, NC 27332
 East: (919) 718-0000 | West: (909) 827-9634 • Website: StaticControl.com

Figura 10-1. Descripción general del probador SCS. [19]

Packaging

770758 DUAL COMBINATION TESTER

- 1 Dual Combination Tester
- 1 Dual Foot Plate
- 1 Power Adapter, 12 VDC, with interchangeable plugs (North America, UK/Asia, Europe)
- 1 Foot Plate Cord, 6'
- 1 Ground Cord

770759 STAND, FOR DUAL COMBINATION TESTER

- 1 Pedestal (Two-Pieces)
- 1 Base Plate
- 5 Socket Head Screws, 1/4-20 x 1/2"
- 2 Phillips Head Screws, 10-32 x 5/8"
- 2 Nuts, 10-32
- 2 Spacers

Features and Components



Figure 2. Dual Combination Tester features and components

A. Test Limit DIP Switch: Use this DIP switch to configure the resistance limits of the tester. See the section titled "Tester Configuration" for more information.

B. Footwear Status LEDs: Displays the footwear test results.

C. 12VDC Power Jack: Connect the included power adapter here to power the Dual Combination Tester.

D. Steady-State Test Switch: Place and hold your finger here to begin the test.

E. Single-Wire Wrist Strap Jack: Insert your single-wire wrist cord here to test your wrist strap.

F. Dual-Wire Wrist Strap Jack: Insert your dual-wire wrist cord here to test your wrist strap.

G. Wrist Strap Status LEDs: Displays the wrist strap test results.

H. Relay Terminal: Can be integrated with electronic door locks, lights, buzzers, etc. It is capable of switching up to 1 A @ 30 VDC or .5 A @ 125 VAC.

Terminals 1 & 2 = Normally Closed
Terminals 2 & 3 = Normally Open

NOTE: All tests must pass in order for the relay to activate. The relay timer lasts approximately 2.5 seconds and cannot be modified. The timer starts once the finger is removed from the test switch.

I. Ground Jack: Insert the banana plug end of the included ground cord to this jack. Connect the ring terminal end of the cord to equipment ground. This connection will remove any static charge from the user before the test. **NOTE: Failure to correctly ground the Dual Combination Tester may result in damage not covered under warranty.**

J. Foot Plate Jack: Connect one end of the foot plate cable cord and the other end to the dual foot plate.

K. Buzzer Volume Adjustment: Turn the trimpot clockwise to increase the buzzer volume and counter-clockwise to decrease the volume.

WIRING THE DUAL COMBINATION TESTER TO AN ACCESS CONTROL SYSTEM

The Dual Combination Tester may be connected to an Access Control System to grant access when both a valid proximity badge is read and PASS test results are achieved at the tester. Figure 8 shows an example when using a turnstile.

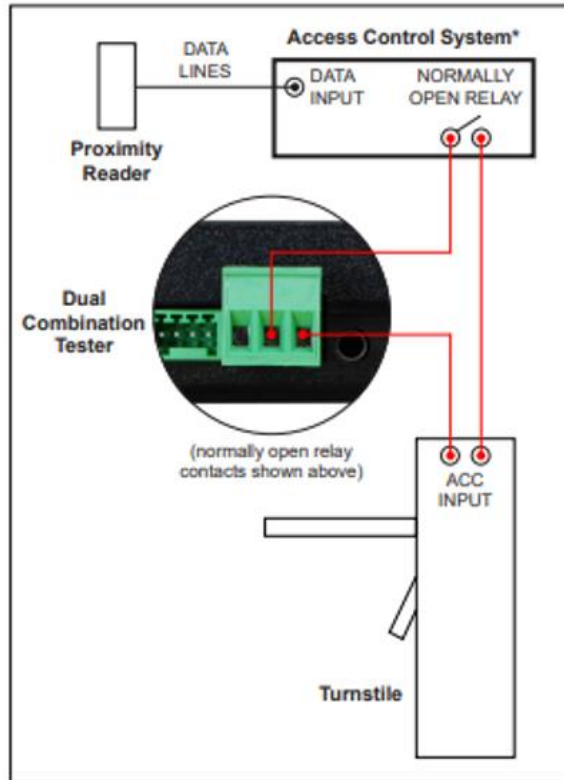


Figure 9. Wiring the Dual Combination Tester to an Access Control System

Specifications

Dual Combination Tester	
Input Voltage and Frequency (External Adapter)	AC/DC Power Adapter Power Input: 100-240 VAC, 50/60 Hz Power Output: 12 VDC, 0.5 A Cable Length: 6 ft. (1.83 m)
Operating Temperature	70 to 85 °F (21 to 30 °C) for 1 gigohm test limit 41 to 85 °F (5 to 30 °C) for all other test limits
Environmental Requirements	Indoor use only at altitudes less than 6500 ft. (2 km) Maximum relative humidity of 80 % up to 85 °F (30 °C) decreasing linearly to 50 % @ 85 °F (30 °C) Maximum relative humidity of 50 % at 1 gigohm setting
Dimensions (with mounting plate)	11.35" x 7.75" x 1.47" (288 mm x 197 mm x 37 mm)
Weight (with mounting plate)	1.2 lbs (0.5 kg)
Test Accuracy	±20 % for 1 gigohm footwear test limit ±10 % for all other test limits
Test Switch Voltage	5 VDC @ open circuit
Wrist Strap and Footwear Test Voltage	30 VDC @ open circuit Test current is limited by resistors and varies on the test range setting (100 kilohms - 1 gigohm)
Relay Contact Rating	1 A @ 30 VDC max
Dual Foot Plate	
Dimensions	13.25" x 15.25" x 1.125" (337 mm x 387 mm x 29 mm)
Weight	5.5 lbs (2.5 kg)

Figura 10-3. Descripción de: a) Conexión con sistema de control de acceso. b) Especificaciones del probador. [19]

III. Description

The 740 wrist strap and shoe tester is an electronic test instrument which is easy to operate and designed to be wall mounted. An AC/DC transformer is supplied. The 740 switches off automatically after non-use for approximately 30 minutes.

The unit consists of two measurement circuits with an open circuit test voltage of 20 V for wrist strap and shoe test applications. For wrist strap and footwear testing, a minimum threshold resistance of 750 k Ω is set internally. The desired maximum allowable resistance level can be selected separately for each measurement. If the resistance of the tested wrist strap or footwear is within the selected range, the green "o.k." LED will illuminate. The red "<" LED alerts the operator that the resistance of the tested device is under 750 k Ω . The red ">" LED indicates that the selected maximum resistance is exceeded.

The 740 can be connected to external devices such as computers (for data recording), electrical door opening systems, counter or other evaluating components.

Figura 10-5. Descripción general del probador marca 3M (parte 2). [20]

IX. Specifications

Dimension of base unit:

138 mm x 190 mm x 53 mm
(5.25 x 7.5 x 2) inches

Weight:

450 g
(15.75 oz)

Power supply:

external AC/DC transformer,
DC 24-30 V / 150 mA

Accuracy:

$\pm 10\%$ of 2, 5, 10, 35 and 50 M Ω -ranges
 $\pm 20\%$ of 100 M Ω -range

Output:

open collector at pin 1, 2, 4, 5
(max. +30 V / 20 mA)
DC-return at pin 6, +5 V at pin 3

Measurement voltage:

DC (20 \pm 1) V (open circuit)

Figura 10-6. Especificaciones del probador marca 3M. [20]

Anexo 3: Hoja de datos de tarjeta RFID

Features	Specifications
<p>Proven, Reliable Technology Offers extremely consistent read range. Unaffected by body shielding or variable environmental conditions, even when close to keys and coins.</p> <p>Convenient To Use Can fit into a wallet or purse. Use with a strap and clip as a photo ID badge.</p> <p>Cross-reference A cross-reference list correlating the external card number and the programmed ID number is provided for easy system administration.</p> <p>Security Offers over 137 billion unique codes.</p> <p>Long Life Passive, no-battery design allows for an infinite number of reads.</p> <p>Durability Strong, flexible and resistant to cracking and breaking.</p> <p>Companion Products: 1321 Photo pouch overlay 1324 PVC Direct print overlay</p> <p>Warranty Lifetime warranty against defects in materials and workmanship (see complete sales policy for details).</p>	<p>Typical Maximum* Read Range ProxPoint® Plus reader-up to 3" (7.5 cm) MiniProx® reader-up to 5.5" (14 cm) ThinLine® II reader-up to 5.5" (14 cm) ProxPro® reader-up to 8" (20 cm) ProxPro® II reader-up to 9" (22.9 cm) Prox80™-up to 5.5" (14 cm) MaxiProx® reader-up to 24" (60 cm) <small>*Dependent on local installation conditions.</small></p> <p>Dimensions 2.135" x 3.385" x 0.075" MAX. (5.4 x 8.6 x 0.19 cm)</p> <p>Operating Temperature -50° to 160° F (-45° to 70° C)</p> <p>Weight 0.24 oz. (6.8 gm)</p> <p>Part Number Base Part No.: 1326</p> <p>Description RF-programmable, 125 kHz, HID artwork, customer-specified ID numbers, vertical slot punch.</p> <p>Options</p> <ul style="list-style-type: none"> • External card numbering (inkjet only; no laser engraving) • Custom artwork (text or graphics) <p>(Please see "How to Order Guide" for a description of the options and associated part numbers.)</p>

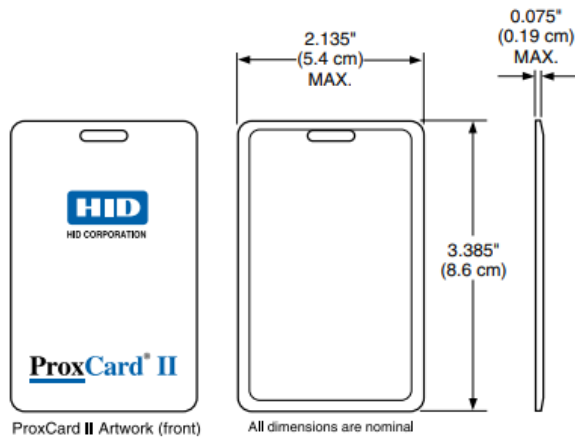



Figura 10-7. Especificaciones de tarjetas HID utilizadas. [22]

Anexo 4: Hoja de datos de lector HID multiCLASS SE

INSTALLATION GUIDE

iCLASS SE® / multiCLASS SE®

13.56 MHz Contactless
R10E, RP10E, R15E, RP15E, R40E, RP40E, RK40E, RPK40E
R10MA, RP10MA, RP15MA, R40MA, RP40MA, RPK40MA
PLT-01579, Rev. A.6



www.hidglobal.com/PLT-03687

- Scan the QR code or visit the link to see the multi-language electronic version of this document.
- Lisez le code QR ou suivez le lien pour consulter la version française de ce document.
- Escanee el código QR o visite el vínculo para consultar la versión en Español de este documento.
- Scannen Sie den QR-Code oder öffnen Sie den Link für die deutsche Version dieses Dokuments.
- Faça a leitura do código QR ou acesse o link da versão em português deste documento.

- Scansiona il codice QR o visita il link della versione italiana di questo documento.
- Отсканируйте QR-код или перейдите по ссылке, чтобы получить версию этого документа на русском языке.
- 扫描下方二维码访问此文档的中文版本链接。此文档的日本語版を表示するには、QRコードをスキャンするか、リンクをクリックします。
- QR 코드를 스캔하거나 링크를 방문하면 이 문서의 한국어 버전을 볼 수 있습니다.


Supplied parts

- iCLASS SE/multiCLASS SE Reader (1)
- Installation Guide (1)
- 0.138-20 x 1.5" screws (2) - for installing the reader directly to a wall (no junction box)
- 0.138-32 x 0.375" screws (3) - for Imperial (US) junction box installation (2) and attaching the reader to the back plate (1)
- M3.5 x 12mm screws (2) - for Metric (EU etc) junction box installation
- 0.138-32 x 0.375" security screw (1) - alternative security screw for attaching the reader to the back plate
- 7-pin Terminal connectors (2 - only included with Terminal Strip models)

Recommended parts (not supplied)


- Cable, 5-9 conductor (Wiegand or Clock-and-Data), 4 conductor Twisted Pair Over-All Shield and UL approved, Belden307A or equivalent (OSDP)
- Certified DC power supply
- Metal or plastic junction box
- Security tool HID 04-0001-03 (for anti-tamper screw)
- Drill with various bits for mounting hardware
- Mounting hardware
- Reader spacer when mounting on or near metal or metal junction boxes (refer to How to Order Guide)
- IP65 Mounting gasket, recommended for outdoor installation
- Junction box

© 2014 - 2019 HID Global Corporation/ASSA ABLOY AB. All rights reserved. HID, the HID Brick logo, the Chain Design, iCLASS SE, and multiCLASS SE are trademarks or registered trademarks of HID Global, ASSA ABLOY AB, or its affiliate(s) in the US and other countries and may not be used without permission. All other trademarks, service marks, and product or service names are trademarks or registered trademarks of their respective owners.



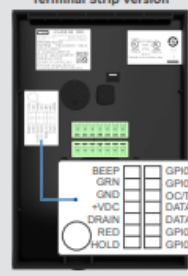
2 Wire the reader

Pigtail version



18" (0.46m)

Terminal Strip version



PIGTAIL**	TERMINAL	DESCRIPTION
Yellow	P1-1	Beeper Input
Orange	P1-2	LED Input (GRN)
Black	P1-3	Ground (RTN)
Red	P1-4	+VDC
Drain	P1-5	Unused
Brown	P1-6	LED Input (RED)
Blue	P1-7	Hold Input
Red/Green	P2-7	GPIO1/OSDP (R5485-FDX-HDX-A)
Tan	P2-6	GPIO2/OSDP (R5485-FDX-HDX-B)
Violet	P2-5	*Open Collector Output/Tamper
White	P2-4	**Wiegand Data 1 / Clock
Green	P2-3	***Wiegand Data 0 / Data
Pink	P2-2	GPIO3 (R5485-FDX-Z)
Gray	P2-1	GPIO4 (R5485-FDX-Y)

* Tamper Output. When activated, output syncs to ground (default).

** Dependent upon reader configuration. See HID Wiegand and Clock-and-Data configurations for more information.

*** For 5-meter pigtail readers (PIN: 9xxxxLEKxxxx), follow the wiring diagram on the reader.

Note: Previous iCLASS readers had reversed RS-485 wiring (P2-7 & P2-6 - A & B). When upgrading to an iCLASS SE reader, ensure proper connections as defined below.

Note: It's possible to reuse existing Wiegand wiring for OSDP, however, using simple stranded cable typical of Wiegand access control readers is usually not meeting the RS-485 twisted pair recommendations.


Note: For OSDP cable lengths greater than 200ft. (61M) or EMF interference, install 120Ω +/- 2% resistor across RS-485 termination ends.

Note: Wiring the reader incorrectly may permanently damage the reader.

Note: With a keypad reader, operating as 26 bit emulation; upon power up you have 5 seconds to enter the facility code followed by #. If unsuccessful, the reader LED displays solid Red. Power-cycle the reader and retry entering the facility code.

The facility code needs to be manually entered as 3 digits (i.e. If facility code is 10 enter 0-1-0-#). **Note:** SE readers only use facility codes between 1-255, and there is no default facility code. Once the facility code has been entered, the LED will display Violet and then to a final Red. Then power-cycle the reader. **Note:** When using a keypad, if there are 2 short beeps after entering your PIN, the reader does not have a facility code configured yet. In this event, an Admin will need to be power-cycle the reader and enter the facility code before the reader will accept your PIN.

3 Secure the reader to the backplate




- Align the top of the reader with the top of the backplate.
- Align the bottom of reader with the bottom of the backplate.
- Secure the reader to the backplate using one of the supplied screws:

Security/non-tamper screw: 0.138-32 x 0.375" screw (supplied)

Non-security/standard screw: 0.138-32 x 0.375" screws (supplied)

4 Power and test the reader



Turn on the power. The reader should beep three times and the light bar should flash three times.

Test the reader with a card. The buzzer should beep and the LED should flash.

Figura 10-8. Especificaciones técnicas del lector HID multiCLASS SE (parte 1). [23]

Specifications

PRODUCT	BASE PART NUMBER	INPUT VOLTAGE (VDC)	CURRENT*			OPERATING TEMPERATURE*
			STANDBY AVG†	MAX AVG‡	PEAK‡	
RP10‡	900N	5 - 16 VDC (12 VDC for RS-485)	60 mA	95 mA	300mA	-30°F to 150°F (-35°C to 65°C)
RP10‡	900P		75 mA	100 mA		
RP10‡	900L		110 mA	135 mA		
RP15‡	910N		60 mA	95 mA		
RP15‡	910L		75 mA	100 mA		
RP15‡	910P		110 mA	135 mA		
RP40‡	920N	5.5 - 16 VDC (12 VDC for RS-485)	65 mA	95 mA	220mA	
RP40‡	920P		85 mA	100 mA		
RP40‡	920L		120 mA	145 mA		
RP40‡	921N		85 mA	100 mA		
RP40‡	921P		95 mA	105 mA		
RP40‡	921L		130 mA	155 mA		

PRODUCT	CABLE LENGTH**	REGULATORY REF NUMBER
RP10‡	Communication Lines	RI0Ex,x,x
RP10‡	Wiegand = 500 ft - 22 AWG (52 m)	RP10Ex,x,x
RP15‡	Wiegand = 300 ft - 24 AWG (91 m)	RI5Ex,x,x
RP15‡		RP15Ex,x,x
RP40‡	RS-485 = Max bus length	RP40Ex,x,x
RP40‡	4000 ft - 24 AWG (1.219 m)	RP40Ex,x,x
RP40‡	Max length between nodes	RK40Ex,x,x
RP40‡	1640 ft - 24 AWG (500m)	RPK40Ex,x,x

1 Communication protocols other than Wiegand or Clock & Data (for control panels), as well as credential interfaces over BLE (not applicable for RP40 models), require an additional hardware module which increases current by 40 mA.
 2 Standby AVG - R945 current draw without a card in the RF field.
 3 Maximum AVG - R945 current draw during continuous card reads. Not evaluated by UL.
 4 Peak - highest instantaneous current draw during RF communication.
 5 When configured for Bluetooth communication.
 6 Wiegand Cable Lengths:
 500ft (152m) 22 AWG @ 5 - 6.4 VDC
 300ft (91m) 24 AWG @ 6.5 - 16 VDC
 7 Mobile Enabled Products, see specifications below.
 UL Reference Number: Deciphering x, Reader Colors: K = Black, N = Digital, T = Terminal, S = 5 meter, P = Digital, L = Indala Prox, B = Bluetooth.
 x, Communication: N = No Module, R = RS-485, C = Credential, L = Indala Prox, B = Bluetooth.

BTSmart specifications

OPERATING TEMPERATURE	FREQUENCY	FCC & IC IDS
-15° F to 150° F (-25° C to 65° C)	2.4 - 2.480 GHz	FCC ID: JQ6-ICLASSBTM IC ID: 2236B-ICLASSBTM

The final product, containing the modular transmitter must be labeled with its own FCC ID and IC ID. If the FCC & IC ID is not visible when the module is installed inside another device, then the final assembly label must contain the FCC and IC ID numbers with a statement such as follows: "Contains Transmitter Module with FCC ID JQ6-ICLASSBTM and IC ID 2236B-ICLASSBTM".

Regulatory

The final product, containing the modular transmitter must be labeled with its own FCC ID and IC ID. If the FCC & IC ID is not visible when the module is installed inside another device, then the final assembly label must contain the FCC and IC ID numbers with a statement such as follows: "Contains Transmitter Module with FCC ID JQ6-ICLASSBTM and IC ID 2236B-ICLASSBTM".

UL

Connect only to a Listed Access Control / Burglary power-limited power supply. These readers are intended to be used with listed (UL294) control equipment. Suitable for outdoor use. Only Wiegand and RS-485 communications have been evaluated by UL.

UL 294 Performance Levels

MODEL #	ACCESS CONTROL LINE SECURITY LEVEL	DESTRUCTIVE ATTACK LEVEL	ENDURANCE LEVEL	STAND-BY POWER LEVEL	CONDITIONS
RP10 / RP10 / RP15 / RP15 / RP40 / RP40 / RPK40	Level I	Level I	Level IV	Level I	

FCC

This device complies with part 15 of the FCC Rules. Operation is subject to the following two conditions: (1) This device may not cause harmful interference, and (2) this device must accept any interference received, including interference that may cause undesired operation. CAUTION: Any changes or modifications to this device not explicitly approved by the manufacturer could void your authority to operate this equipment. Indala Prox products RP10EL, RP15EL, RP30EL, RP40EL and RPK40EL are certified for FCC, Canada Radio Certification and CE Marking only.

Canada Radio Certification

This device complies with Industry Canada license-exempt RSS standard(s). Operation is subject to the following two conditions: (1) this device may not cause interference, and (2) this device must accept any interference, including interference that may cause undesired operation of the device. Le présent appareil est conforme aux CNR d'Industrie Canada applicables aux appareils radio exempts de licence. L'exploitation est autorisée aux deux conditions suivantes: (1) l'appareil ne doit pas produire de brouillage, et (2) l'utilisateur de l'appareil doit accepter tout brouillage radioélectrique subi, même si le brouillage est susceptible d'en compromettre le fonctionnement.

CE Marking

HID Global hereby declares that these proximity readers are in compliance with the essential requirements and other relevant provisions of Directive 2014/53/EU. Por sí presente, HID Global declara que estos lectores de proximidad cumplen con los requisitos esenciales y otras disposiciones relevantes de la Directiva 2014/53/EU.

HID Global déclare par la présente que ces lecteurs à proximité sont conformes aux exigences essentielles et aux autres stipulations pertinentes de la Directive 2014/53/EU. A HID Global, por meio desta, declara que estes leitores de proximidade estão em conformidade com as exigências essenciais e outras condições da diretiva 2014/53/EU.

HID Global bestått beviert, dess de Læser de væsentlichen Anforderungen und anderen relevanten Bestimmungen der Richtlinie 2014/53/EU erfüllen. HID Global dichiara che i lettori di prossimità sono conformi ai requisiti essenziali e ad altre misure rilevanti come previsto dalla Direttiva europea 2014/53/EU.

Download copies of the Radio Equipment Directive Declaration of Conformity (DoC) at: <http://www.hidglobal.com/certifications>

HID Global

Americas & Corporate
611 Center Ridge Drive
Austin, TX 78758
USA
Support: 866-607-7339
Fax: 949-732-2120

Asia Pacific
19/F 625 King's Road
North Point, Island East
Hong Kong
Support: 852-3160-9833
Fax: 852-3160-4809

Europe, Middle East & Africa
Phoenix Road
Haverhill, Suffolk CB9 7AE
United Kingdom
Support: 44 (0) 1440 711 822
Fax: 44 (0) 1440 714 840

Brazil
Condominio Business Center
Av. Ermanno Marchetti, 1435
Guilpão A2 - CEP 05038-001
Lapa - São Paulo / SP
Brazil
Phone: +55 11 5514-7100



In addition, the following certifications apply to the BTSmart Module:



PLT-01579 Rev. A.6

Taiwan

According to "Administrative Regulations on Low Power Radio Waves Radiated Devices" Without permission granted by the NCC, any company, enterprise, or user is not allowed to change frequency, enhance transmitting power or alter original characteristics as well as performance to a approved low power radio-frequency devices. The low power radio-frequency devices shall not influence aircraft security and interfere legal communications; If found, the user shall cease operating immediately until no interference is achieved. The said legal communications means radio communications is operated in compliance with the Telecommunications Act. The low power radio-frequency devices must be susceptible with the interference from legal communications or ISM radio wave radiated devices.

Korean KCC

	RI0E, RI5E, RP30E, RP40E, RPK40E	RP10E, RP15E, RP30E, RP40E, RPK40E	Mobile Ready	
			R10MA, RP40MA	RP10MA
통신주파수	RFID:13.56 MHz	RFID:13.5607 MHz, LFD:125 KHz	RFID:13.56 MHz, RFID: 2.40 - 2.48 GHz	RFID:13.56 MHz, RFID: 2.40 - 2.48 GHz, LFD:125 KHz
주파수폭	RFID:13.56 MHz	RFID:13.56 MHz, LFD:125 KHz	RFID:13.56 MHz, RFID: 2.40 - 2.48 GHz	RFID:13.56 MHz, RFID: 2.40 - 2.48 GHz, LFD:125 KHz
출력	RFID: 10mW(4.7544mV/1.0A)	RFID: 10mW(4.7544mV/1.0A), LFD:1.3-7.91W(1.500 μV/100mA)	HF RFID: 10mW(4.7544mV/1.0A), BLE RFID: 10mW(4.7544mV/1.0A)	LF RFID: 10mW(4.7544mV/1.0A), HF RFID: 10mW(4.7544mV/1.0A), BLE RFID: 10mW(4.7544mV/1.0A)
전원	DC 1.5 (V)	DC 1.5 (V)	DC 1.5 (V)	DC 1.5 (V)
인증방식	A1D	X-tal (13.56MHz) Resonator (125KHz)	X-tal (13.56 MHz & 2.4 GHz)	A1D
방진방식	X-tal	X-tal (13.56MHz) Resonator (125KHz)	X-tal (13.56 MHz & 2.4 GHz)	X-tal (13.56 MHz & 2.4 GHz)
전송방식	ASK	ASK(13.56MHz), FSK(125KHz)	HF: ASK, BLE: GFSK	LF:FSK, HF: ASK, BLE: GFSK

Russia

Дата изготовления указана на маркировке оборудования

Представитель в Российской Федерации

Название	ООО «Идент»
Адрес	140573, РФ, Московская обл., Озёрский район, с. Боркино
Контактное лицо	Л.Н. Галунова
Телефон	+7 495 223 6208
e-mail	local.declawant@gmail.com

Japan MIC

"この装置は総務省の型式指定を受けています。" (此装置省指定番号は第AC-xxxxxx号です) 本製品は電波を使用したRFID情報の読み取り・書き込み装置です。そのため使用する用途・場所によっては、医療機器に影響を与える恐れがあります

Israel (Mobile Ready RP10)

מסומן למכירה לציבור. המכשיר אינו פועל כקצה של מערכת. המכשיר אינו פועל כקצה של מערכת. המכשיר אינו פועל כקצה של מערכת. המכשיר אינו פועל כקצה של מערכת. המכשיר אינו פועל כקצה של מערכת.

Brazil

Compliance Statement

Este produto está homologado pela ANATEL, de acordo com os procedimentos regulamentados pela Resolução 242/2000, e atende aos requisitos técnicos aplicados. Para maiores informações, consulte o site da ANATEL - www.anatel.gov.br. This product is homologated at ANATEL according to procedure regulated by Resolution 242/2000, and it complies with the applicable technical requirements. For more information, consult ANATEL website - www.anatel.gov.br.

RF Warning Statement

Per Article 6 of Resolution 206, equipment of restricted radiation must carry the following statement in a visible location: Este equipamento opera em caráter secundário, isto é, não tem direito a proteção contra interferência prejudicial, mesmo de estações do mesmo tipo, e não pode causar interferência a sistemas operando em caráter primário. This equipment operates in secondary character, meaning it does not have the right of protection against harmful interference, even against the same character, and it cannot cause any interference to systems operating in the primary character.

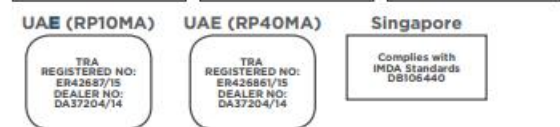



Figura 10-9. Especificaciones técnicas del lector HID multiCLASS SE (parte 2). [23]

Anexo 5: Catálogo de HID Global



	ProxPoint Plus®	MiniProx®	Thinline® II	ProxPro®
Base Model Number	6005B/6008B	5365E/5368E	5395C/5398C	5355A/5352A/5358A
Dimensions	3.13" x 1.7" x .66" (8.0 cm x 4.5 cm x 1.5 cm)	6.0" x 1.7" x 1.0" (15.0 cm x 4.5 cm x 2.0 cm)	4.7" x 3.0" x .68" (12.0 cm x 7.5 cm x 1.5 cm)	5.0" x 5.0" x 1.0" (12.5 cm x 12.5 cm x 2.5 cm)
Weight	3.6 oz (102 g)	7.89 oz (224 g)	7.33 oz (208 g)	9.62 oz (273 g)
Read Range	Up to 3.0" (7.5 cm)	Up to 5.5" (14.0 cm)		Up to 8.0" (20.5 cm)
Mounting	Mullion		Single-gang electrical box	Single-gang electrical box; Glass Mount Kit Available
Power Supply	5-16 VDC			10-28.5 VDC
Current Requirements	30/75 mA	30/75 mA	30/110 mA @ 5 VDC 20/115 @ 12 VDC	100/120 mA
Termination	Pigtail	Pigtail or Terminal Strip	Pigtail	
Output Formats	Wiegand or Clock-and-Data			Wiegand, Clock-and-Data, RS-232 or RS-422
Tamper	No			Switch
Indoor/Outdoor	IP55 Certified			IP55 Certified
Warranty	Lifetime			

Figura 10-10. Especificaciones técnicas del lector HID ProxPoint Plus. [24]

Anexo 6: Hoja de datos de lector T-500SW de United Technologies

430209001
T-500SW Reader mullion, gray*

Technical specifications

Technology

Reader type	Multi-frequency
Reader operating-transmitting frequency	125 KHz, 13.56 MHz
Supported technology 13.56 MHz	iCLASS (CSN), MIFARE Classic (CSN), MIFARE DESFire (CSN)
Supported technology 125 kHz	Corporate 1000, GE ProxLite/CASI Prox, HID Prox
Mifare type	ISO14443A
No. of Mifare bytes CSN	4 Byte (S50)
Read write	No
SAM module embedded	No

System

Reading distance	13.56 MHz: up to 11.4 cm[/]125 kHz: up to 12.7 cm
Max. reader distance to panel	Wiegand: 152 m[/] Supervised F/2F: 914 m
RTE (Request To Exit)	No
CSN (Card Serial Number)	Yes
Custom data model	No
Vicinity type	ISO15693
No. of LEDs	1
No. of covers included	1

Interface & connections

Interface	Wiegand
Connector type	Pigtail
Pigtail length	30 cm

Tamper type

Pry-off tamper	No
Opening tamper	No

Operation

Stand-alone	No
PIN keypad	No

Electrical

Power supply type	VDC
Power supply value	8 to 16 VDC
Current consumption	95 mA at 16 VDC

Physical

Physical dimensions	44 x 148 x 30 mm
Net weight	270 g
Shipping weight	310 g
Material	PBT Polymer
Form factor	US gangbox
Mounting type	Surface Mount

Environmental

Operating temperature	-25 to +65°C
Storage temperature	-25 to +65°C
Relative humidity	0 to 95% noncondensing
Environment	Outdoor
IP rating	IP 65

Standards & regulation

Compliance	CE, FCC, RoHS
------------	---------------

Colour

Grey, charcoal, and black

Certifications

FCC
CE
UL 294

Dimensions (W x H x D)

T-500SW/W : 44 x 148 x 30 mm
T-520SW/W and TS25SW/W : 148.6 x 114.3 x 31.7 mm

Operating temperature

-25 to 65°C

IP Rating

IP 65

Relative humidity

0 to 95%, non-condensing

Wiring

UTC F/2F : 4 conductors (min.)
Wiegand : 5 conductors (minimum)

Cabling distance

UTC F/2F systems : up to 914 m at 12VDC
Wiegand output : up to 152 m

System compatibility

Microcontrollers	Micro/5-PX and Micro/5-PXN, Micro/PX-2000 and Micro/PXN-2000
Access control systems	Picture Perfect Editions 1.7 or higher, and microcontroller firmware 1.72 or higher
Access control systems	Secure Perfect Editions 5.0 or higher, and microcontroller firmware 5.0.02 or higher

Credentials

	For detailed system compliance specifications, refer to the reader installation guide
Proximity (125 KHz)	ProxLite, ISOProx, key fobs, and tags (Note: Proximity Perfect cards are not supported) Mifare (ISO 14443A) Mifare Standard, Mifare Light, Mifare Ultra Light, key fobs, and tags
Vicinity ISO 15693	Infineon My-D 2K-S, 2K-P, 10K-S, 10K-P, SLI-2, key fobs, and tags

Figura 10-11. Especificaciones técnicas del lector T-500SW. [25]

Anexo 7: Hoja de datos de adaptador de 9V DC para el probador



25W AC-DC High Reliability Industrial Adaptor

GST25A series

SPECIFICATION

ORDER NO.	GST25A05-P1J	GST25A07-P1J	GST25A09-P1J	GST25A12-P1J	GST25A15-P1J	GST25A18-P1J	GST25A24-P1J	GST25A28-P1J	GST25A48-P1J	
OUTPUT	SAFETY MODEL NO.	GST25A05	GST25A07	GST25A09	GST25A12	GST25A15	GST25A18	GST25A24	GST25A28	GST25A48
	DC VOLTAGE <small>Note.2</small>	5V	7.5V	9V	12V	15V	18V	24V	28V	48V
	RATED CURRENT	4.0A	2.93A	2.55A	2.08A	1.66A	1.38A	1.04A	0.89A	0.52A
	CURRENT RANGE	0 ~ 4.0A	0 ~ 2.93A	0 ~ 2.55A	0 ~ 2.08A	0 ~ 1.66A	0 ~ 1.38A	0 ~ 1.04A	0 ~ 0.89A	0 ~ 0.2A
	RATED POWER (max.)	20W	22W	23W	25W	25W	25W	25W	25W	25W
	RIPPLE & NOISE (max.) <small>Note.3</small>	80mVp-p	80mVp-p	80mVp-p	80mVp-p	100mVp-p	150mVp-p	180mVp-p	240mVp-p	240mVp-p
	VOLTAGE TOLERANCE <small>Note.4</small>	±5.0%	±5.0%	±5.0%	±3.0%	±3.0%	±3.0%	±2.0%	±2.0%	±2.0%
	LINE REGULATION <small>Note.5</small>	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%
	LOAD REGULATION <small>Note.6</small>	±5.0%	±5.0%	±5.0%	±3.0%	±3.0%	±3.0%	±2.0%	±2.0%	±2.0%
	SETUP, RISE, HOLD UP TIME	1000ms, 30ms, 50ms/230VAC		1500ms, 30ms, 15ms/115VAC at full load						
INPUT	VOLTAGE RANGE <small>Note.7</small>	85 ~ 264VAC								
	FREQUENCY RANGE	47 ~ 63Hz								
	EFFICIENCY (Typ.)	81.5%	84.5%	85%	86.5%	87%	87%	88%	88%	89%
	AC CURRENT	0.6A / 115VAC		0.35A / 230VAC						
	INRUSH CURRENT (max.)	35A / 115VAC		65A / 230VAC						
PROTECTION	LEAKAGE CURRENT(max.)	0.75mA / 240VAC								
	OVERLOAD	110 ~ 150% rated output power Protection type : Hiccup mode, recovers automatically after fault condition is removed								
	OVER VOLTAGE	110 ~ 140% rated output voltage Protection type : Clamp by zener diode								
ENVIRONMENT	WORKING TEMP.	-30 ~ +70°C (Refer to "Derating Curve")								
	WORKING HUMIDITY	20% ~ 90% RH non-condensing								
	STORAGE TEMP., HUMIDITY	-40 ~ +85°C, 10 ~ 95% RH								
	TEMP. COEFFICIENT	±0.03% / °C (0 ~ 50°C)								
SAFETY & EMC (Note. 8)	VIBRATION	10 ~ 500Hz, 2G 10min./1cycle, period for 60min. each along X, Y, Z axes								
	SAFETY STANDARDS	UL60950-1, CSA C22.2, TUV EN60950-1, BSMI CNS14336, CCC GB4943, PSE J60950-1 approved								
	WITHSTAND VOLTAGE	I/P-O/P:4242VDC, I/P-FG:2121VDC								
	ISOLATION RESISTANCE	I/P-O/P, I/P-FG:100M Ohms / 500VDC / 25°C / 70% RH								
	EMC EMISSION	Compliance to EN55022 class B, EN61000-3-2,3, FCC PART 15 / CISPR22 class B, CNS13438 class B, GB9254, GB17625.1								
OTHERS	EMC IMMUNITY	Compliance to EN61000-4-2,3,4,5,6,8,11, light industry level, criteria A								
	MTBF	674.55Khrs min. MIL-HDBK-217F(25°C)								
	DIMENSION	93*54*36mm (L*W*H)								
CONNECTOR	PACKING	209g; 60pcs/13.5Kg/1.12CUFT								
	PLUG	See page 3,4 ; Other type available by customer requested								
NOTE	CABLE	See page 3,4 ; Other type available by customer requested								
	<p>1.All parameters are specified at 230VAC input, rated load, 25°C 70% RH ambient. 2.DC voltage: The output voltage set at point measure by plug terminal & 50% load. 3.Ripple & noise are measured at 20MHz by using a 12" twisted pair terminated with a 0.1uf & 47uf capacitor. 4.Tolerance: includes set up tolerance, line regulation, load regulation. 5.Line regulation is measured from low line to high line at rated load. 6.Load regulation is measured from 10% to 100% rated load. 7.Derating may be needed under low input voltage. Please check the derating curve for more details. 8.The power supply is considered as an independent unit, but the final equipment still need to re-confirm that the whole system complies with the EMC directives. For guidance on how to perform these EMC tests, please refer to "EM: testing of component power supplies." (as available on http://www.meanwell.com)</p>									

Figura 10-12. Especificaciones técnicas de adaptador GST25A. [30]

Anexo 8: Hoja de datos de adaptador de 24V DC para tarjeta de control electromecánico


		100W Single Output Switching Power Supply					LRS-100 series	
SPECIFICATION								
MODEL		LRS-100-3.3	LRS-100-5	LRS-100-12	LRS-100-15	LRS-100-24	LRS-100-36	LRS-100-48
OUTPUT	DC VOLTAGE	3.3V	5V	12V	15V	24V	36V	48V
	RATED CURRENT	20A	18A	8.5A	7A	4.5A	2.8A	2.3A
	CURRENT RANGE	0 ~ 20A	0 ~ 18A	0 ~ 8.5A	0 ~ 7A	0 ~ 4.5A	0 ~ 2.8A	0 ~ 2.3A
	RATED POWER	66W	90W	102W	105W	108W	100.8W	110.4W
	RIPPLE & NOISE (max.) Note.2	100mVp-p	100mVp-p	120mVp-p	120mVp-p	150mVp-p	200mVp-p	200mVp-p
	VOLTAGE ADJ. RANGE	2.97 ~ 3.6V	4.5 ~ 5.5V	10.2 ~ 13.8V	13.5 ~ 18V	21.6 ~ 28.8V	32.4 ~ 39.6V	43.2 ~ 52.8V
	VOLTAGE TOLERANCE Note.3	±3.0%	±2.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%
	LINE REGULATION Note.4	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%
	LOAD REGULATION Note.5	±2.0%	±1.0%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%
	SETUP, RISE TIME	500ms, 30ms/230VAC 500ms, 30ms/115VAC at full load						
HOLD UP TIME (Typ.)	55ms/230VAC 10ms/115VAC at full load							
INPUT	VOLTAGE RANGE	85 ~ 264VAC 120 ~ 373VDC (Withstand 300VAC surge for 5sec. Without damage)						
	FREQUENCY RANGE	47 ~ 63Hz						
	EFFICIENCY (Typ.)	84.5%	86%	88%	88.5%	90%	90.5%	91%
	AC CURRENT (Typ.)	1.9A/115VAC 1.2A/230VAC						
	INRUSH CURRENT (Typ.)	COLD START 50A/230VAC						
	LEAKAGE CURRENT	<0.75mA / 240VAC						
PROTECTION	OVER LOAD	110 ~ 150% rated output power Protection type : Hiccup mode, recovers automatically after fault condition is removed						
	OVER VOLTAGE	3.8 ~ 4.45V	5.75 ~ 6.75V	13.8 ~ 16.2V	18.75 ~ 21.75V	28.8 ~ 33.6V	41.4 ~ 48.6V	55.2 ~ 64.8V
ENVIRONMENT	WORKING TEMP.	-30 ~ +70°C (Refer to "Derating Curve")						
	WORKING HUMIDITY	20 ~ 90% RH non-condensing						
	STORAGE TEMP., HUMIDITY	-40 ~ +85°C, 10 ~ 95% RH non-condensing						
	TEMP. COEFFICIENT	±0.03%/°C (0 ~ 50°C)						
	VIBRATION	10 ~ 500Hz, 5G 10min./1cycle, 60min. each along X, Y, Z axes						
	OVER VOLTAGE CATEGORY	III; Compliance to BS EN/EN61558, BS EN/EN50178, BS EN/EN60664-1, BS EN/EN62477-1; altitude up to 2000 meters						
SAFETY & EMC (Note 8)	SAFETY STANDARDS	UL 62368-1, TUV BS EN/EN62368-1, BS EN/EN60335-1, BS EN/EN61558-1/-2-16, GB 4943.1, BSMI CNS15598-1, EAC TP TC 004, S/NZS62368.1(by CB), KC K60950-1(for LRS-100-12/24 only), BIS IS13252(Part1): 2010/IEC 60950-1: 2005(NOTE 9) approved						
	WITHSTAND VOLTAGE	I/P-O/P:4KVAC I/P-FG:2KVAC O/P-FG:1.25KVAC						
	ISOLATION RESISTANCE	I/P-O/P, I/P-FG, O/P-FG:100M Ohms / 500VDC / 25°C / 70% RH						
	EMC EMISSION	Compliance to BS EN/EN55032 (CISPR32) Class B, BS EN/EN55014, BS EN/EN61000-3-2,-3, GB17625.1, GB/T 9254.1, BSMI CNS15936, EAC TP TC 020, KC KN32, KN35(for LRS-100-12/24 only)						
	EMC IMMUNITY	Compliance to BS EN/EN61000-4-2,3,4,5,6,8,11, BS EN/EN61000-6-2 (BS EN/EN50082-2), BS EN/EN55035, heavy industry level, EAC TP TC 020, KC KN32, KN35(for LRS-100-12/24 only)						
OTHERS	MTBF	3348.9K hrs min. Telcordia SR-332 (Bellcore) ; 677.4Khrs min. MIL-HDBK-217F (25°C)						
	DIMENSION	129*97*30mm (L*W*H)						
	PACKING	0.34Kg ; 40pcs/14.6Kg/0.92CUFT						
NOTE	<p>1. All parameters NOT specially mentioned are measured at 230VAC input, rated load and 25°C of ambient temperature.</p> <p>2. Ripple & noise are measured at 20MHz of bandwidth by using a 12" twisted pair-wire terminated with a 0.1uf & 47uf parallel capacitor.</p> <p>3. Tolerance : includes set up tolerance, line regulation and load regulation.</p> <p>4. Line regulation is measured from low line to high line at rated load.</p> <p>5. Load regulation is measured from 0% to 100% rated load.</p> <p>6. Length of set up time is measured at cold first start. Turning ON/OFF the power supply very quickly may lead to increase of the set up time.</p> <p>7. The ambient temperature derating of 5°C/1000m is needed for operating altitude greater than 2000m(6500ft).</p> <p>8. The power supply is considered a component which will be installed into a final equipment. All the EMC tests are been executed by mounting the unit on a 360mm*360mm metal plate with 1mm of thickness. The final equipment must be re-confirmed that it still meets EMC directives. For guidance on how to perform these EMC tests, please refer to "EMI testing of component power supplies." (as available on https://www.meanwell.com/Upload/PDF/EMI_statement_en.pdf)</p> <p>9. Some model may not have the BIS logo, please contact your MEAN WELL sales for more information.</p> <p>※ Product Liability Disclaimer : For detailed information, please refer to https://www.meanwell.com/serviceDisclaimer.aspx</p>							

Figura 10-13. Especificaciones técnicas de adaptador LRS-100. [32]

Anexo 9: Cotización de Macro Safe Gates


Shenzhen Macrosafe Technology Co.,Ltd.
 Contact: Ms. Kit Zhang Email: kit@macrosafegates.com Mobile: 86-13006645661
 No.270 Leitai Industrial Park, Juling New Village, Fucheng Street, Longhua District, Shenzhen, China

Quotation







No.	Model	Picture	Specification	Unit price	QTY	Total Price
1	MS11G		1) Size: 1400*280*980mm 2) Material: SUS 304 hairline 3) Thickness: 1.5mm 4) Passage width: 550mm 5) Traffic rate: 30-35 persons/min 6) Communication interface: Dry Contact, RS458 optional 7) MCBF: 8,000,000 cycles 8) With hydraulic buffer 9) With gray powder coat finish	US\$1,695	1	US\$1,695
2	ESD testing monitor		1. Industrial 8-inch LCD monitor 2. Display testing result and employee's information including name, employee ID, department 3. Indicate allow or deny to entry, system failure		1	
3	ESD tester MS-E02		1. Wrist band test 2. working voltage: DC 12V 2A 3. Card working frequency: 13.56MHz 4. default setting: wrist band: 750KΩ ~35MΩ, shoes: 750KΩ~100MΩ 5. LED display indicate ESD test resistance 5. Working temperature: -20°C ~ 60°C		1	
4	Foot plate		Shoes ESD test		1	
5	ESD Test & Access Control software		1. Browser-server model, Flat UI Design 2. ESD software on server accessible by other PC/tablet/mobile through browser. 3. Support test data recording and summary (by employee/ESD tester/date) 4. Supports face recognition, fingerprint, card swipe data recording and summary 5. Supports sending data reports via email 6. API connection (Computer not included.)	US\$800	1	Free
6	Certificate of Calibration		1. Issued by laboratory that accredited by the ISO/IEC 17025 standard 2. ILAC MRA/CNAS mark on report	US\$100	1	US\$100
7	wooden case		Protect goods from damage during long distant shipping	US\$35	1	US\$35
8	bank cost			US\$30	1	US\$30
In total				US\$1,860		

Figura 10-14. Cotización de MSG. [28]

Anexo 10: Manual de productos ESD Gate

ESD Denfender Controller

A. Power: 12V DC Power Jack

B. Reader 1: Connect card reader

C. Reader 2: Connect wiegand output's GND&D1&D0 of face recognition device or fingerprint reader

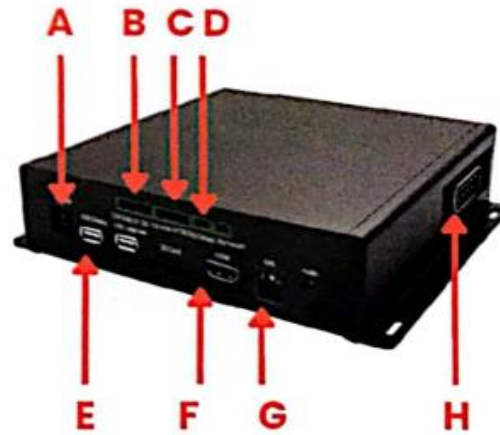
D. Relay 1: Integrates with electronic door locks, turnstile gate, lights, buzzers, etc.

E. USB: Accepts external mouse and ESD Defender certified QR code scanner.

F. HDMI: Connect ESD Defender Controller and 8" monitor screen via HDMI cable

G. RJ45: Accepts network cable and provides network communication between the ESD Defender and ESD Defender Monitor Software

H. RS232: Accepts RS232 cables and provides communication between the ESD Defender Controller and ComboTester.



**ESD Defender Controller*

Figura 10-15. Esquema de entradas y salidas del ESD Defender Controller. [34]

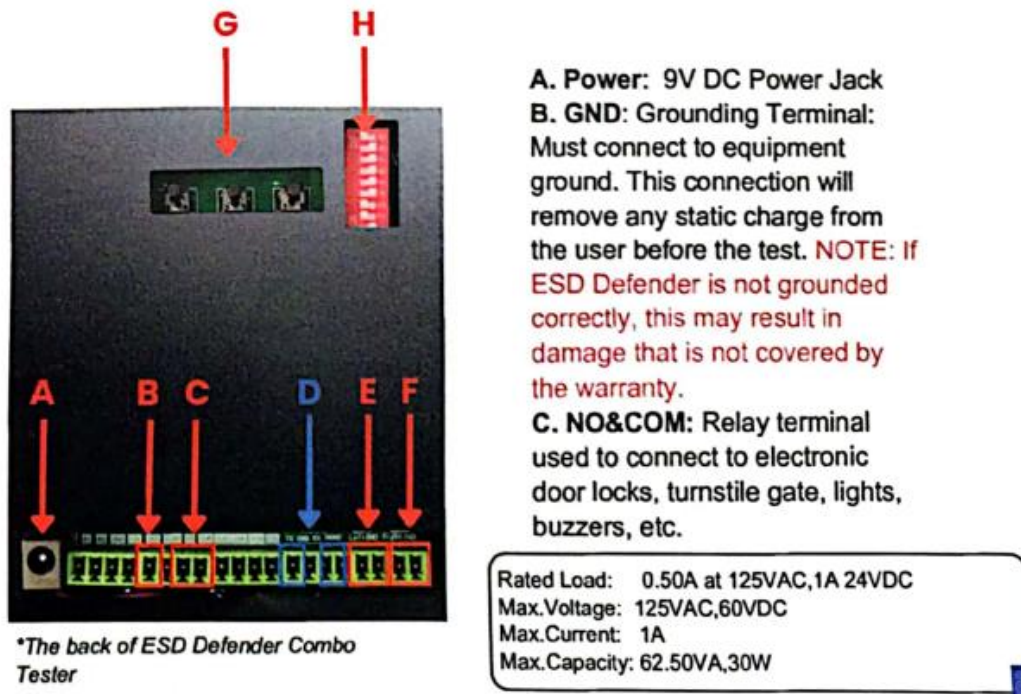


Figura 10-16. Esquema de entradas y salidas del ESD Defender Combo Tester. [34]

8. Specifications

ESD Defender Combo Tester	
Input Voltage & Frequency	AC/DC Power Adapter Power input: 100-240V, 50/60Hz Power output: 9VDC, 2.7A
Operating Temperature	Cable Length: 1.5m 41 to 100.4 °F (5 to 38 °C) 70 to 100.4 °F (21 to 38 °C) for 1 Gigohm test limit
Operating Humidity	10%-65% 10%-50% for 1 Gigohm test limit
Test Accuracy	±10 % for all other test limits ±20 % for 1 Gigohm footwear test limit
Dimension	4.6**6.57**1.37*(117**167**35mm)
ESD Defender Controller	
Dimension	6.29**4.52**1.89*(160**115**48mm)
ESD Footplate	
Dimension	13.38**14.17**0.90(340**360**23mm)

Figura 10-17. Especificaciones técnicas del ESD Defender Combo tester. [34]

Anexo 11: Manual del software de gestión de datos

6.1 Add new ESD Defender Tester

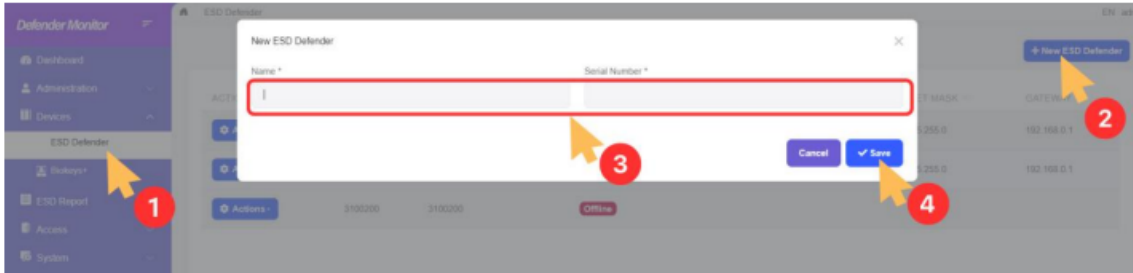


Figure 7.1

Reload this page after adding ESD Defender tester. The [CONNECTION STATUS] will turn to [Online] from [Offline] within 15 seconds.

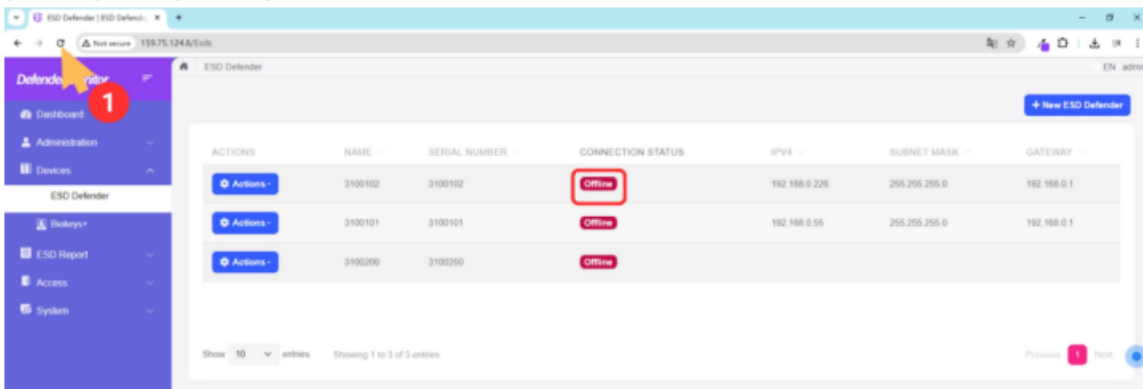


Figure 7.2

Note: ESD Defender must reside on the same subnet as the server hosting the data for the initial configuration of the server location.

Communicates via HTTP from client device to server after initial set up

Figura 10-18. Ejemplo de como agregar un quipo nuevo desde el software. [36]

7.ESD Report

7.1 ESD Test Report

A report may be filtered by employee name, ESD Defender, ESD Number, department, result and date. Click [\[Export\]](#) will create report in ESD Defender Monitor back-end and download created file in Excel format.

The screenshot shows the ESD Defender Monitor interface. On the left is a sidebar with navigation options: Dashboard, Administration, Devices, ESD Report, and ESD Test History. The main area is titled 'ESD Test History' and contains a search filter box with fields for Name, ESD Defender, ESD Number, Parent Department, Result, and Date. A red box highlights this search area, and a red circle with the number 3 points to the 'Export' button in the top right corner. Below the search box is a table of test results. A red circle with the number 1 points to the 'Search' button, and a red circle with the number 2 points to the 'Details' button for a specific test entry. The table has columns for Name, ESD Defender, ESD Number, Parent Department, Result, and Date. The table contains several rows of test results, with the first row showing a 'Pass' result and the second row showing a 'Fail' result.

Name	ESD Defender	ESD Number	Parent Department	Result	Date
				Pass	
				Fail	
				Pass	
				Fail	
				Fail	
				Fail	
				Pass	

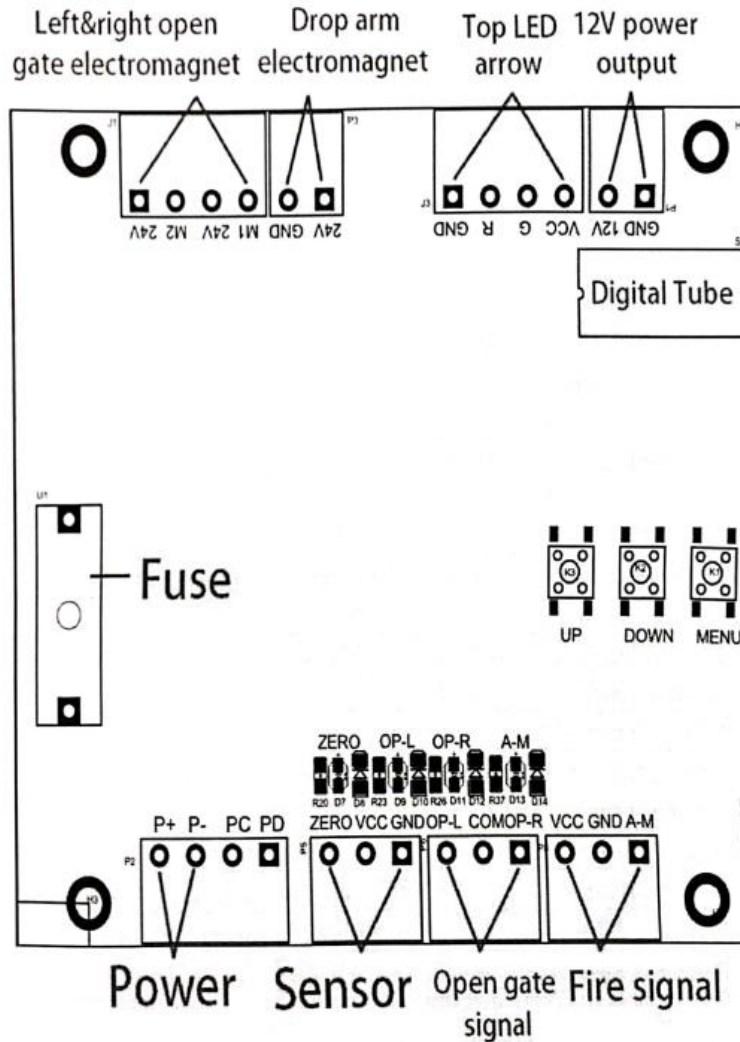
Figura 10-19. Ejemplo de cómo obtener un reporte desde el software de gestión de datos. [36]

Anexo 12: Manual de tarjeta de control electromecánica

Professional manufacturer of smart turnstile gate and Solutions provider

3.3 Tripod turnstile and Full height turnstile main board description

3.3.1 Tripod turnstile and Full height turnstile main board cable connection diagram



Page 14

Figura 10-20. Diagrama de conexiones de la tarjeta de control electromecánico del MS11G. [35]