



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

**“REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL DE
BLANCOS ABATIBLES EN EL CAMPO DE ENTRENAMIENTO TÁCTICO
DE LA BRIGADA DE FUERZAS ESPECIALES N°9 PATRIA”**

PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTRICIDAD

AUTORES:

Jiménez Pinzón Ronny Santiago

Molina Heredia Luis Ángel

TUTOR:

Ing. Ms.C Marco Aníbal León Segovia

Latacunga, agosto 2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Jiménez Pinzón Ronny Santiago y Molina Heredia Luis Ángel, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELECTRICO Y DE CONTROL DE BLANCOS ABATIBLES EN EL CAMPO DE ENTRENAMIENTO TÁCTICO DE LA BRIGADA DE FUERZAS ESPECIALES N°9 PATRIA”**, siendo el Ing. Ms.C Marco Aníbal León Segovia tutor del presente proyecto; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente proyecto investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad



Jiménez Pinzón Ronny Santiago

C.I. 1751644145



Molina Heredia Luis Ángel

C.I. 0503440422

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor de la Propuesta Tecnológica sobre el título:

“REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL DE BLANCOS ABATIBLES EN EL CAMPO DE ENTRENAMIENTO TÁCTICO DE LA BRIGADA DE FUERZAS ESPECIALES N°9 PATRIA”, de Molina Heredia Luis Ángel y Jiménez Pinzón Ronny Santiago, de la carrera de **INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico – técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS** de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, agosto 2025

Tutor



Ing. Ms.C Marco Aníbal León Segovia

C.I. 0502305402

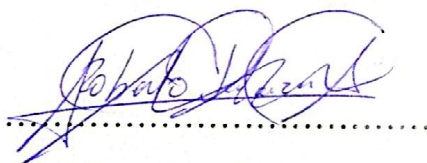
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto los postulantes: Molina Heredia Luis Ángel y Jiménez Pinzón Ronny Santiago, con el título de Proyecto de Titulación: **“REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL DE BLANCOS ABATIBLES EN EL CAMPO DE ENTRENAMIENTO TÁCTICO DE LA BRIGADA DE FUERZAS ESPECIALES N°9 PATRIA”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar el CD correspondiente según la normativa institucional.

Latacunga, agosto 2025

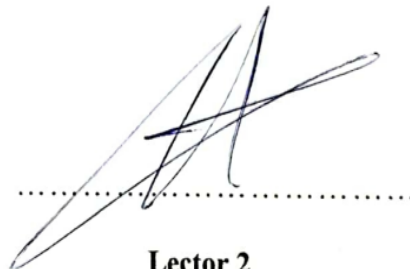
Para constancia firman:



Lector 1 (Presidente)

Ing. Edgar Roberto Salazar Achig Msc.

CC:0502847619



Lector 2

Ing. Manuel Ángel León Segovia.Msc

CC:0502041353



Lector 3

Ing. Secundino Marrero Ramírez Ph.D.

CC:1757107907

Latacunga, 17 de Julio de 2025

**AVAL DE CUMPLIMIENTO DEL PROYECTO DE PROPUESTA
TECNOLÓGICA**

TCRN EMS

Arturo Javier Benavides Jaya
COMANDANTE DEL CAL 9
Presente. -

De mi consideración:

Yo, **TCRN EMS Arturo Javier Benavides Jaya**, con número de cédula: **1714017405** en mi calidad de **Comandante del CAL 9**, por medio de la presente certifico que los estudiantes **Molina Heredia Luis Ángel, Jiménez Pinzón Ronny Santiago**, de la carrera de Ingeniería en Electricidad de la **Universidad Técnica de Cotopaxi** han desarrollado y entregado satisfactoriamente el proyecto de investigación titulado: **“REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL DE BLANCOS ABATIBLES EN EL CAMPO DE ENTRENAMIENTO TÁCTICO DE LA BRIGADA DE FUERZAS ESPECIALES N° 9 PATRIA”**.

El trabajo fue ejecutado en los laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con el debido acompañamiento académico, y en coordinación técnica con personal de la Brigada Patria dando cumplimiento a los objetivos establecidos, demostrando responsabilidad, competencia y compromiso por parte de los autores.

Por lo tanto, se deja en constancia la culminación total del proyecto, así como el apoyo y coordinación interinstitucional.

Atentamente.



Arturo Javier Benavides Jaya
Tlf. 0964032742
Cl. 1714017405
jbenavides1976@gmail.com

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por ser mi fortaleza y guía constante a lo largo de este camino. Su presencia me brindó sabiduría, serenidad y confianza para afrontar cada reto que esta carrera presentó.

A mi madre, Mélida Heredia, por su amor inquebrantable, sus enseñanzas llenas de vida y su ejemplo de lucha y constancia. A mi padre, Luis Molina, por su respaldo incondicional y sus palabras que siempre me motivaron a seguir adelante. A mi hermana, Jessica, por estar a mi lado con su ánimo y compañía en cada etapa. A mi novia Liliana por estar en cada momento difícil con una palabra de aliento, por tu paciencia infinita, por sus abrazos que curaban el cansancio y por nunca soltar mi mano. Esta meta también es suya. A toda mi familia, por sus consejos y su fe en mí, incluso en mis malos momentos.

Han sido pilares fundamentales en la consecución de este logro. A mis profesores, gracias por su entrega y compromiso al compartir su saber. Y de manera especial, al Ingeniero Marco León, por su valiosa orientación y acompañamiento como tutor en este proyecto de Titulación.

Luis A. Molina H.

DEDICATORIA

Dedico a Dios este proyecto, por ser mi guía constante en cada paso de este proceso. Sin Su luz, paciencia y amor, no habría encontrado la motivación ni la calma necesarias para superar los momentos difíciles. A mis padres, por su amor incondicional, esfuerzo incansable y por creer en mí incluso cuando dudaba de mí mismo. Gracias por enseñarme el valor del trabajo duro, la honestidad y la perseverancia. Este logro también es de ustedes. A mi familia, por su apoyo constante, palabras de aliento y comprensión durante las ausencias, desvelos y sacrificios que implicó este camino. A mi pareja, por su compañía en silencio, sus abrazos que reconfortan, y por sostenerme con amor en los momentos de mayor incertidumbre. Gracias por creer en mi potencial y caminar a mi lado con paciencia y fe. A mis amigos verdaderos, quienes estuvieron ahí en los momentos claves, brindándome apoyo emocional, compañía y una sonrisa cuando más la necesitaba. A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por brindarme la oportunidad de crecer académica y profesionalmente. Agradezco también a todos los docentes, quienes con vocación y dedicación me formaron como futuro Ingeniero en Electricidad.

Luis A. Molina H.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por ser mi guía y fortaleza constante. Su presencia me dio sabiduría, paciencia y fe para superar los desafíos a lo largo de esta carrera.

A mi madre, Teresa Pinzón, por su amor incondicional, enseñanzas y ejemplo de perseverancia. A mi padre, Lorgio Jiménez, por su apoyo firme y sus consejos que me impulsaron siempre. A mi hermano, Juan, por su compañía y aliento constante. A mi familia, por creer en mí incluso en los momentos de duda.

Han sido un soporte esencial en este logro. A mis docentes, por compartir su conocimiento con dedicación. Y especialmente al Ingeniero Marco León, por su valiosa guía como tutor en este proyecto.

Ronny S. Jiménez P.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios, por permitirme llegar hasta este punto, por darme salud, fortaleza y paciencia para continuar, y por su infinita bondad y amor que me han acompañado en cada paso de este camino. A mi madre, Teresa Pinzón, por su amor incondicional, por creer en mí incluso cuando dudaba, y por enseñarme que la perseverancia transforma sueños en logros. Tu apoyo constante ha sido mi mayor impulso. A mi padre, Lorgio Jiménez, por su ejemplo de constancia, esfuerzo y sabiduría. Gracias por cada palabra de aliento y por inspirarme a seguir adelante sin rendirme. A mi hermano Juan, por su compañía, su amistad sincera y por estar presente en los momentos clave con apoyo y comprensión. A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por brindarme la oportunidad de crecer académica y profesionalmente. Agradezco también a todos los docentes, quienes con vocación y dedicación me formaron como futuro Ingeniero en Electricidad.

Este trabajo lo dedico a todos ellos, por ser parte esencial de este logro. Y también me lo dedico a mí mismo, por cada esfuerzo, cada desafío superado y por haber llegado hasta aquí con entrega, disciplina y fe.

Ronny S. Jiménez P.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL DE BLANCOS ABATIBLES EN EL CAMPO DE ENTRENAMIENTO TÁCTICO DE LA BRIGADA DE FUERZAS ESPECIALES N°9 PATRIA”

Autores:

Jiménez Pinzón Ronny Santiago

Molina Heredia Luis Ángel

RESÚMEN

El presente tema se fundamenta en la repotenciación del sistema eléctrico y de control de blancos abatibles en el campo de entrenamiento táctico de la Brigada de Fuerzas Especiales N.º 9 “Patria”, con el fin de mejorar el desempeño funcional, la eficiencia energética y la precisión operativa de los equipos utilizados durante las practicas militares. Por lo que los blancos abatibles representan un componente esencial en la instrucción táctica, ya que permiten simular condiciones reales de combate, evaluar la puntería, y fortalecer la capacidad de reacción del personal militar. De tal manera que para el cumplimiento de la repotenciación se tomó cuenta el sistema actual de los blancos, considerando tanto los aspectos eléctricos como los mecanismos de control, para proponer soluciones estratégicas, eficientes y sistemas de automatización que garanticen una respuesta rápida, segura y coordinada con los blancos es así que propuesta planteada permitirá un entrenamiento más confiable, adaptable y duradero, capaz de funcionar de manera continua bajo condiciones exigentes sin comprometer la seguridad ni la calidad de la práctica. Esta repotenciación no solo incrementará la operatividad del campo de entrenamiento, sino que también contribuirá a elevar el nivel de preparación del personal militar, permitiendo el desarrollo de rutinas más dinámicas, realistas y eficientes que ayuden a mejorar el cumplimiento de las actividades y formación de los militares.

Palabras clave: repotenciación, blancos abatibles, tácticas, entrenamiento, preparación

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

THEME: "UPGRADE OF THE ELECTRICAL SYSTEM FOR FOLDING TARGETS AT THE TACTICAL TRAINING CAMP OF THE 9TH SPECIAL FORCES BRIGADE PATRIA"

Authors:

Jiménez Pinzón Ronny Santiago

Molina Heredia Luis Ángel

ABSTRACT

This topic focuses on the upgrade of the electrical and folding target control system at the tactical training camp of Special Forces Brigade No. 9 "Patria," with the aim of improving the functional performance, energy efficiency, and operational accuracy of the equipment used during military exercises. Folding targets are an essential component of tactical training, as they allow for the simulation of real combat conditions, the evaluation of marksmanship, and the strengthening of military personnel's reaction capabilities. In order to carry out the upgrade, the current target system was taken into account, considering both electrical aspects and control mechanisms, in order to propose strategic, efficient solutions and automation systems that guarantee a rapid, safe, and coordinated response with the targets. Thus, the proposed plan will allow for more reliable, adaptable, and durable training, capable of functioning continuously under demanding conditions without compromising safety or the quality of the exercise. This upgrade will not only increase the operational capacity of the training field, but will also contribute to raising the level of preparedness of military personnel, allowing for the development of more dynamic, realistic, and efficient routines that will help improve the performance of military activities and training.

Keywords: upgrade, folding targets, tactics, training, preparation.

AVAL DE TRADUCCIÓN

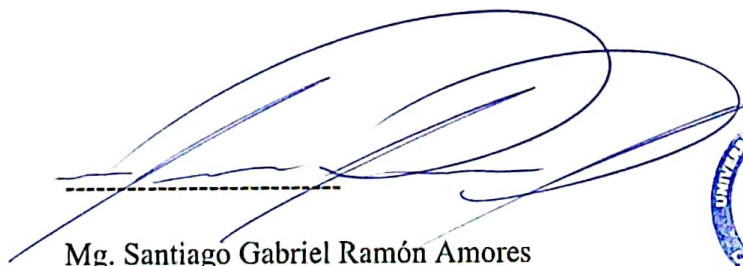
En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma inglés de la propuesta tecnológica cuyo título es **“REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELECTRICO Y DE CONTROL DE BLANCOS ABATIBLES EN EL CAMPO DE ENTRENAMIENTO TÁCTICO DE LA BRIGADA DE FUERZAS ESPECIALES N°9 PATRIA”** presentado por: **Luis Ángel Molina Heredia, Ronny Santiago Jiménez Pinzón**, egresados de la Carrera de: **Ingeniería en Electricidad**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

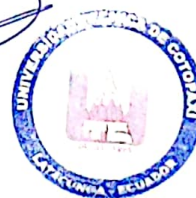
Latacunga, agosto del 2025

Atentamente,



Mg. Santiago Gabriel Ramón Amores

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI:0503568826



**CENTRO
DE IDIOMAS**

INDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
<i>AGRADECIMIENTO</i>	v
<i>DEDICATORIA</i>	vi
<i>AGRADECIMIENTO</i>	vii
<i>DEDICATORIA</i>	viii
RESÚMEN.....	ix
ABSTRACT	x
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
2.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	3
2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
2.3 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN.....	3
2.4 BENEFICIARIOS	4
2.4.1 Beneficiarios Directos	4
2.4.2 Beneficiarios Indirectos.....	4

2.5	JUSTIFICACIÓN.....	4
2.6	OBJETIVOS.....	5
2.6.1	General.....	5
2.6.2	Específicos.....	5
2.7	SISTEMA DE TAREAS EN RELACION A LOS OBJETIVOS	6
	ACTIVIDADES	6
	RESULTADOS	6
	TÉCNICAS.....	6
3.	MARCO TEÓRICO	7
3.1	ANTECEDENTES	7
3.2	MARCO REFERENCIAL	9
3.2.1	Blancos	9
3.2.2	Blancos abatibles.....	12
3.2.3	Sistema de blancos abatibles	13
3.2.4	Repotenciación	15
3.2.5	Mantenimiento.....	17
4.	METODOLOGÍA.....	20
4.3	DISEÑO ELÉCTRICO.....	45
4.3.1	Distribución de componentes en el plano arquitectónico del área de entrenamiento	47
2.1.1	Diseño del sistema fotovoltaico.....	48

4.4	Puesta a tierra.....	55
4.6	Programación de APK.....	57
5.	ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS	66
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
	Bibliografía.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Blancos móviles	10
Figura 2:	Blancos abatibles.....	10
Figura 3:	Blanco amigo/enemigo	10
Figura 4:	Blancos giratorios:	11
Figura 5:	Blancos reactivos	11
Figura 6:	Blancos de precisión	12
Figura 7:	Controlador lógico programable	23
Figura 8:	Sistema neumático	32
Figura 9:	datos del cilindro neumático	36
Figura 10:	Análisis CAD	41
Figura 11:	Diseño eléctrico.....	46
Figura 12:	Diagrama de control.....	47
Figura 13:	Distribución del cableado.....	48
Figura 14:	Interfaz de plataforma de centro científico de EU.....	50

Figura 15:Rendimiento de energía por mes.....	50
Figura 16: Diagrama de flujo.....	57
Figura 17:Menú de opciones de App Móvil.....	58
Figura 18:Ventana de inspector de opciones de botón.....	58
Figura 19: Interfaz de animación de campo de entrenamiento.....	61
Figura 20: Desarrollo de terreno en Unity.....	61
Figura 21: Ventana de diseño de textura para terreno en Unity.....	62
Figura 22: Ventana de inspector de objetos.....	62
Figura 23: Interfaz de página Mixamo.....	63
Figura 24:Ventana de inspector de avatares.....	64
Figura 25:Ventana de desarrollo de Apk.....	65
Figura 26: Implementación del sistema en un tablero de práctica.....	66
Figura 27:Simulación en GrabCad mediante diagrama de Grafset.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Matriz de relación de dependencia de variables.....	20
Tabla 2: Matriz de variables entrada.....	21
Tabla 3: Matriz de variables de salida.....	21
Tabla 4: Especificaciones de PLCs.....	24
Tabla 5: Selección del router.....	25
Tabla 6: Selección de la fuente.....	28
Tabla 7: Selección de la electroválvula.....	29

Tabla 8: Especificaciones técnicas de cilindros neumáticos	33
Tabla 9: Datos del ciclo de trabajo	37
Tabla 10: Parámetros del caudal.....	39
Tabla 11: Parámetros del tanque de almacenamiento	40
Tabla 12: Cálculo aproximado de la longitud de las mangueras	42
Tabla 13: Parámetros del motor.....	43
Tabla 14: Especificaciones técnicas de panel solar.	52
Tabla 15: Especificaciones técnicas de controlador MPPT.....	53
Tabla 16: Especificaciones técnicas de batería.....	54
Tabla 17: Descripción de gastos directos	68
Tabla 18: Gastos indirectos	70
Tabla 19: Gasto total de repotenciación de blancos móviles.....	70

1. INFORMACIÓN GENERAL

Tema del proyecto: Repotenciación del sistema de blancos abatibles en el campo de entrenamiento táctico de la Brigada de Fuerzas Especiales N°9 Patria

Tipo de Proyecto: Propuesta Tecnológica

Carrera: Carrera de Ingeniería en Electricidad.

Trabajo de Titulación Vinculado al Proyecto: Desarrollo de sistemas inteligentes aplicados a la ingeniería eléctrica

Equipo de Trabajo:

Tutor:

Ing. MSc. León Segovia Marco Aníbal

Postulantes:

Jiménez Pinzón Ronny Santiago

Molina Heredia Luis Ángel

Área de conocimiento:

Campos de la Ciencia y Tecnología UNESCO.

07 Ingeniería, Industria y Construcción	071 Ingeniería y Profesiones Afines	0713 Electricidad y Energía.
		0714 Electrónica y automatización.

Línea de investigación: Energías Alternativas y Renovables, Eficiencia Energética y Protección Ambiental.

Sublíneas de investigación de la Carrera: Conversión y uso racional de la energía eléctrica.

2. INTRODUCCIÓN

La innovación tecnológica aplicada al entrenamiento militar ha permitido el desarrollo de sistemas cada vez más eficientes y realistas que ayudan a fortalecer las capacidades tácticas de las fuerzas armadas, uno de estos sistemas son los blancos abatibles que representan una herramienta clave dentro de los campos de instrucción, los mismos que facilitan ejercicios de tiro dinámicos, de precisión y reacción que se replican en escenarios controlados a través de sistemas que están integrados con mecanismos y componentes electrónicos que aportan significativamente a la formación del personal militar.

Este sistema de blancos abatibles actualmente se encuentra inhabilitado por lo que la repotenciación en el campo de entrenamiento táctico de la Brigada de Fuerzas Especiales N°9 Patria es fundamental para optimizar y modernizar los recursos existentes elevando los estándares de entrenamiento. Esta propuesta de mejoramiento de la infraestructura eléctrica y electrónica se logra mediante el funcionamiento adecuado de los blancos abatibles y el mantenimiento de los equipos y sistemas que intervienen durante el desarrollo de las practicas militares, lo que hacen posible tener un control más preciso del sistema y mayor capacidad de adaptación al entrenamiento.

Tomando en cuenta estos aspectos el mantenimiento de los equipos y sistemas eléctricos son esenciales para las practicas militares debido a que aseguran la operatividad, las conexiones eléctricas y el buen estado de los componentes permitiendo alcanzar altos niveles de confianza, garantizando que los entrenamientos se desarrollen sin ningún contratiempo y con un máximo aprovechamiento del sistema establecido.

Por tal motivo el presente proyecto constituye una propuesta viable donde la repotenciación y el mantenimiento de los equipos y sistemas eléctricos de blancos abatibles contribuyen a consolidar una plataforma moderna y funcional en el entrenamiento militar reforzando la capacidad de respuesta del personal, mejorando su preparación técnica y aportando al mejoramiento de las actividades relacionadas con la seguridad.

2.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

En el campo de entrenamiento táctico de la Brigada de Fuerzas Especiales N°9 “Patria”, se emplea un sistema de blancos abatibles como parte fundamental en el desarrollo de ejercicios de tiro y entrenamiento en combate. Sin embargo, el sistema actual se encuentra inhabilitado y presenta múltiples limitaciones tanto a nivel mecánico como electrónico, que afectan negativamente la eficiencia, precisión y seguridad del entrenamiento. Entre las principales deficiencias se encuentran fallas frecuentes en los mecanismos de los ejercicios, lo que provoca que se pierda tiempo reponiendo blancos abatibles que no se levantan o no caen, lo cual obliga a detener el entrenamiento, afectando el ritmo y la continuidad de la práctica, aumentando el desgaste del personal realizando tareas que podrían automatizarse.

Estas deficiencias no solo generan retrasos operativos, sino que también disminuyen la calidad del entrenamiento, generando una brecha entre el entrenamiento y las condiciones reales de operación. Asimismo, el uso de tecnologías desactualizadas incrementa los costos de mantenimiento y reduce la confiabilidad del sistema, por lo cual, resulta necesario proponer repotenciar el sistema de blancos abatibles para garantizar un entrenamiento más eficiente, seguro y alineado con las exigencias operacionales actuales, además se debe realizar mantenimientos continuos de los equipos y sistemas para lograr un funcionamiento correcto y sobre todo que los componentes o elementos que intervienen en el sistema de entrenamiento tenga un mayor tiempo de durabilidad.

2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo influye el mantenimiento en la repotenciación del sistema eléctrico de blancos abatibles?

2.3 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

Objeto de investigación: Control y Automatización.

Campo de Acción: 3306 ingeniería y Tecnologías Eléctricas, 331105 Equipos Eléctricos de Control.

2.4 BENEFICIARIOS

2.4.1 Beneficiarios Directos

Los beneficiarios directos del proyecto son los soldados de la Brigada de Fuerzas Especiales N° 9 Patria ya que estos mismos obtendrán un entorno más realista y seguro mejorando significativamente la calidad de su preparación y eficacia operativa.

2.4.2 Beneficiarios Indirectos

Los beneficiarios indirectos son la población en general que requieran de la seguridad militar ya que podrán acceder a servicios de seguridad de calidad.

2.5 JUSTIFICACIÓN

La preparación del personal militar en escenarios de entrenamiento realistas es fundamental para garantizar la eficiencia operativa, la precisión táctica y la seguridad durante el cumplimiento de las actividades. En este contexto, los sistemas de blancos abatibles constituyen un papel esencial dentro de los campos de entrenamiento, al permitir la simulación de situaciones de combate que aportan al desarrollo de habilidades como la puntería, velocidad de reacción y toma de decisiones bajo presión. Sin embargo, estos sistemas de entrenamiento han ido presentando deficiencias técnicas debido al desgaste de sus componentes eléctricos, a la obsolescencia del sistema de control y a la falta de mantenimiento que se debe realizar a los equipos y sistemas existentes.

Frente a estas situaciones la repotenciación del sistema de blancos abatibles en el campo de entrenamiento táctico de la Brigada de Fuerzas Especiales N°9 Patria se plantea como una solución integral que no solo busca actualizar el sistema eléctrico sino también garantizar su sostenibilidad operativa mediante un adecuado mantenimiento de los equipos y sistemas eléctricos que lo conforman, lo cual permitirá optimizar la funcionalidad de los mismos asegurando su correcto desempeño durante los practicas.

Finalmente, a nivel institucional, la mejora del sistema permitirá optimizar los recursos energéticos, reducir los tiempos de mantenimiento correctivo, minimizar fallas durante los ejercicios tácticos, mientras que el manejo remoto del sistema permitirá operar los blancos

abatibles desde una ubicación segura y estratégica. Finalmente, al repotenciar un sistema eléctrico a través del mejoramiento, se logra una gestión más eficaz de los blancos abatibles, facilitando la evaluación objetiva del desempeño de los militares y reforzando su compromiso con un adiestramiento militar, el cual sea de calidad, confiables y este alineado con las demandas estratégicas actuales.

2.6 OBJETIVOS

2.6.1 General

Repotenciar el sistema de blancos abatibles en el campo de entrenamiento táctico de la Brigada de Fuerzas Especiales N°9 "Patria" usando elementos eléctricos y electrónicos para aportar al entrenamiento militar.

2.6.2 Específicos

- Analizar el sistema eléctrico actual de blancos abatibles en el campo de entrenamiento táctico de la Brigada de fuerzas especiales N°9 Patria.
- Diseñar e implementar mejoras eléctricas, electrónicas y de control automatizado en el sistema de blancos abatibles.
- Detallar un análisis técnico-económico del sistema de blancos abatibles para el campo de entrenamiento táctico Brigada de fuerzas especiales N°9 Patria

2.7 SISTEMA DE TAREAS EN RELACION A LOS OBJETIVOS

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS	TÉCNICAS
Analizar el sistema eléctrico actual de blancos abatibles en el campo de entrenamiento táctico de la Brigada de fuerzas especiales N°9 Patria	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección técnica del sistema actual. • Elaboración de diagramas del sistema existente • Identificar fallas recurrentes y componentes obsoletos 	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico completo del sistema actual de blancos abatibles 	<ul style="list-style-type: none"> • Observación en el campo de entrenamiento • Corroboración física del funcionamiento del sistema.
Diseñar e implementar mejoras eléctricas, electrónicas y de control automatizado en el sistema de blancos abatibles	<ul style="list-style-type: none"> • Selección de componentes eléctricos y electrónicos • Diseño del prototipo del sistema mediante el uso de tecnología 	<ul style="list-style-type: none"> • Obtención de componentes. • Diseño del sistema de blancos abatibles automatizado y moderno 	<ul style="list-style-type: none"> • Prototipado y programación de microcontroladores • Software de simulación
Detallar un análisis técnico-económico del sistema de blancos abatibles para el campo de entrenamiento táctico Brigada de fuerzas especiales N°9 Patria	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar el costo de materiales, mano de obra e instalación • Evaluar el impacto de las mejoras en mantenimiento • Presentación del informe técnico-económico 	<ul style="list-style-type: none"> • Informe técnico económico con evaluación de costos, beneficios y viabilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis económico • Investigación de reglas o especificaciones a seguir dentro del ámbito militar

3. MARCO TEÓRICO

3.1 ANTECEDENTES

En el tema “Uso de simulaciones de combate para apoyar la práctica y desarrollo de capacidades operativas en el entrenamiento de grupos del ejército” realizado por Lera Esteban tuvo como principal propósito rediseñar y repotenciar los sistemas tácticos de los blancos a través del manejo de recursos más novedosos y avanzados en un entorno estratégico y tecnológico, para lo cual se implementó el uso equipos y sistemas eléctricos competentes que ayudaron a prever situaciones de riesgo durante las simulaciones de enfrentamientos militares. Este proyecto para su cumplimiento se ejecutó con una metodología descriptiva y documental que sirvieron de apoyo para la formación y adiestramiento de las actividades militares orientadas al desempeño de los deberes formales en especial de la seguridad.

Para las simulaciones de combate y el desarrollo de las capacidades se tomó en consideración el mejoramiento basado en la repotenciación donde se realizó la incorporación de sistemas eléctricos tecnológicos que ayudaron a mejorar el rendimiento y la guía correcta en técnicas de tiro y empleo táctico de armas de fuego dando como resultado que el uso de simuladores juega un papel fundamental para la formación personal responsable en la instrucción ya que permite que se integren mecanismos y equipos eléctricos que ayudan a aprovechar el máximo de las capacidades mediante ejercicios factibles para el personal militar. [1]

De acuerdo con el tema “Repotenciación de un sistema de entrenamiento militar enfocado a polígonos de tiro mediante realidad virtual para mejorar la destreza del personal de las Fuerzas Armadas del Ecuador” este se basó en la integración tecnológica como la realidad virtual, por lo que fue realizado mediante el diseño y construcción de polígonos de tiro creados en un simulador virtual permitiendo obtener un prototipo similar a los utilizados por los militares en sus entrenamientos reales por lo que se tomó en consideración el uso de sensores y microcontroladores para llevar a cabo un ambiente real donde se protagonice escenas verdaderas de disparo para que el personal militar desarrolle y mejore sus destrezas ante una situación de peligro. Las situaciones en las que se fundamentaba las distintas practicas fueron realizadas a través del sistema de programación Unity tomando en cuenta aspectos relevantes a

los que se someten el personal militar y determinando una puntuación específica que permitirá conocer el porcentaje de habilidad que disponen para enfrentarse a alguna situación de riesgo.

Por lo que el presente tema resulto beneficioso y moderno ya que se basó en el control y seguridad de los habitantes contribuyendo a la vez al mejoramiento en los entrenamientos de los grupos militares quienes son responsables de velar y cuidar de la seguridad de las demás personas, a la vez de cumplir con sus deberes con el estado y la patria. [2]

En el tema “Sistema de entrenamiento de tiro de precisión mediante realidad aumentada para el Club Deportivo Especializado Formativo Polygono” realizado por Estefani Lucero se destaca que el entrenamiento de tiro táctico es imprescindible para la adecuada formación sea deportiva o física de los organismos de seguridad sean estos militares o de policías. Por ello, los campos de entrenamiento de polígonos de tiro deben contar con recursos tecnológicos avanzados y estrategias tácticas innovadoras que fortalezcan las capacidades y habilidades de los practicantes, permitiendo incrementar sus destrezas de precisión ante circunstancias reales de peligro o enfrentamientos. En este proyecto la implementación de sistemas de entrenamiento de tiro de precisión, las nuevas tecnologías como la realidad aumentada representan un avance significativo para optimizar los procesos de formación y adiestramiento, a fin de reducir las imprecisiones, pérdidas de municiones y alineaciones erróneas que han sido los problemas principales que se han estado dando en el Club Deportivo.

Es así que tomando en cuenta estos aspectos; el sistema de entrenamiento de tiro, facilita una mayor amplitud en la visión, mejora la alineación de los puntos clave de disparo y permite practicas más seguras y realistas siempre y cuando estas se encuentren en adecuadas condiciones. Por lo que aquí se tomó en cuenta mucho la instalación de los componentes que intervinieron en los sistemas de entrenamiento de tiro, además de su mantenimiento a través de un plan preventivo y correctivo que se basó en asegurar la confiabilidad y durabilidad de equipos por medio de revisiones programadas, calibraciones de precisión y acciones que en conjunto respaldaron el adecuado desempeño de la tecnología y la preparación de calidad de los practicantes.

De acuerdo con los antecedentes anteriores se puede establecer que la repotenciación de sistemas y el mantenimiento de equipos eléctricos que se encuentran asociados a la preparación y entrenamiento son de gran importancia para el buen desempeño de las actividades de los

practicantes y para las condiciones operativas de los equipos que son utilizados, ya que estas acciones permiten mantener una correcta actualización de programas, la mejora o renovación de equipos, sistemas o módulos ya existentes con el propósito de aumentar su eficiencia, prolongando la vida útil de los mismos y adaptarlos a nuevas necesidades tecnológicas. Por otra parte, en el ámbito educativo la repotenciación contribuye a la sostenibilidad por lo que reduce el desperdicio de materiales y representa una oportunidad para fomentar el rediseño y mejora de cualquier sistema existente fortaleciendo técnicas de automatización, control y programación, mientras que el mantenimiento ayuda a evitar daños y pérdidas materiales que pueden ocurrir por manejos o movimientos inadecuados de los equipos además de sistemas instalados de erróneamente que ocasionen fallas. [3]

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 Blancos

De acuerdo con Joint Chiefs los blancos son dispositivos y estructuras que permiten evaluar la precisión, velocidad de reacción y toma de decisiones de los soldados en condiciones similares a las que enfrentarían en el campo de batalla, el uso de blancos constituyen un recurso indispensable para simular escenarios de combate de manera realista y efectiva [4]

Los blancos son estructuras, equipos y elementos utilizados en los entrenamientos policiales y militares que tienen como fin contribuir con los entrenamientos tácticos y especializados que ayudan al mejoramiento de las capacidades, destrezas y habilidades de los policías y militares ante alguna situación de peligro o riesgo.

3.2.1.1 Tipos de blancos

- **Blancos móviles:** Son objetos que desplazan en trayectorias programadas, simulando objetivos en movimiento y son utilizados para mejorar la puntería y mejorar la concentración y seguimiento del tirador. [5]



Figura 1: Blancos móviles

- **Blancos abatibles:** Son estructuras que al ser activadas se desploman o se levantan automáticamente, con el fin de entrenar y mejorar la capacidad de reacción y precisión del tirador. [5]



Figura 2: Blancos abatibles

- **Blanco amigo/enemigo:** Son diseñados estratégicamente con doble cara o características distintivas, de esta forma se permite entrenar el reconocimiento rápido de amenazas y tomar decisiones en segundos. [5]



Figura 3: Blanco amigo/enemigo

- **Blancos giratorios:** Giran sobre un eje para ocultar o mostrar la silueta del blanco por periodos de tiempo específicos, son empleados para que el tirador pueda identificar y neutralizar el objetivo en tiempos determinados. Se caracterizan por su control de giro que es realizado mediante un ordenador o mecanismo de control. [5]



Figura 4: Blancos giratorios:

- **Blancos reactivos:** Poseen tecnología avanzada e incorporan sensores o mecanismos que reaccionan de acuerdo al impacto de sonido, luz o movimiento, se caracterizan por ser utilizados para desarrollar precisión y validación del impacto. [5]



Figura 5: Blancos reactivos

- **Blancos de precisión:** Son diseñados con sensores de localización para zonas específicas, principalmente se utilizan en entrenamientos de francotiradores. [5]



Figura 6: Blancos de precisión

3.2.2 Blancos abatibles

De acuerdo con la electrónica de Pascual los blancos abatibles son siluetas o moldes diseñados para el entrenamiento de tiro instintivo y pueden ser activados individualmente o en la red desde un sistema de mando o control que permite múltiples configuraciones y niveles de dificultad en los entrenamientos. Por otra parte, algunos modelos de blancos incorporan iluminación nocturna, simulación de firmas térmicas y sensores avanzados que aumentan el realismo del entorno de práctica. [6]

3.2.2.1 Importancia de los blancos abatibles

La implementación de blancos abatibles en programas de entrenamiento táctico tiene un impacto notable en la calidad de la instrucción ya que permiten entrenamientos más realistas, donde el tirador no solo debe mostrar puntería, sino también capacidad de reacción, toma de decisiones rápida y coordinación en condiciones de presión.

A diferencia de los blancos convencionales, los blancos abatibles pueden ser programados para simular situaciones de combate dinámicos adaptándose a diferentes escenarios operativos, lo cual mejora la preparación del personal, permitiendo practicas más completas, automatizadas y seguras. Además, los blancos abatibles se identifican porque pueden ser fácilmente instalados, trasladados y configurados mediante sistemas y objetivos de instrucción lo que los convierte en herramientas ideales para campos de maniobras. [7]

3.2.2.2 Características de los blancos abatibles

- Tienen la forma de siluetas o blancos que pueden girar en varias posiciones según la programación del tirador
- Los blancos se abaten al recibir el número de disparos que se desee dar, tomando en cuenta la programación establecida
- Pueden ser elegidas desde la estación de control que siluetas o blancos se desea activarlos y desactivarlos en cualquier momento
- Los blancos pueden aparecer como amigo o enemigos de acuerdo a la necesidad del entrenamiento del tirador [8]

3.2.3 Sistema de blancos abatibles

Los sistemas de blancos abatibles son mecanismos utilizados en entrenamientos de tiro táctico, diseñados para simular objetivos dinámicos y reactivos, a diferencia de los blancos fijos, estos pueden abatirse, aparecer, girar o desaparecer según la programación o al recibir un impacto, proporcionando así una experiencia más realista durante la instrucción.

Existen versiones mecánicas y electrónicas, siendo los blancos abatibles los más utilizadas en entrenamientos modernos por su mayor versatilidad, a estos se les suelen incorporar sensores piezoeléctricos para detectar impactos, motores eléctricos que levantan o abaten las siluetas, y sistemas de comunicación que permiten su control a distancia, ya sea por radiofrecuencia o cableado. Gracias a estas características, es posible operarlos individualmente o en red, permitiendo la creación de secuencias complejas y realistas [9]

3.2.3.1 Importancia del sistema de blancos abatibles

El sistema de blancos abatibles permite simular situaciones de combate más realistas gracias a la automatización y programación de las siluetas, que pueden aparecer como enemigos o aliados, girar o abatirse al recibir un número específico de impactos. Además, los módulos pueden ser portátiles y compatibles con blancos tradicionales, lo que los hace bastante versátiles y eficaces para desarrollar diferentes tipos de entrenamiento militar, lo cual mejora

significativamente la capacidad de respuesta, la toma de decisiones bajo presión, la precisión de disparo y el control del estrés en un combate simulado. [9]

3.2.3.2 Ventajas del sistema de blancos abatibles

- **Mejora la velocidad de reacción:** En los blancos abatibles el tirador mediante el entrenamiento es capaz de responder de manera más rápida y efectiva ante la aparición inesperada de los objetivos, logrando así una coordinación eficaz y segura donde puede neutralizar las amenazas en menor tiempo, y mejorar sus capacidades cognitivas y tácticas.
- **Entrenamiento más efectivo:** El sistema de blancos abatibles da la posibilidad de programar los ejercicios adaptándolos a los entrenamientos y necesidades específicas del practicante, desarrollando la flexibilidad a través de diferentes niveles de entrenamiento y escenarios que van desde ser lentos hasta muy rápidos, lo cual constituye parte de la formación y del rendimiento del personal practicante.
- **Simulación realista:** El sistema alimenta al realismo de las prácticas de tiro, preparando mejor a los tiradores para situaciones de combate reales.
- **Adaptabilidad:** Se pueden instalar en diferentes ubicaciones desde campos de tiro temporales hasta sitios establecidos de práctica, por lo que se pueden transportar y almacenar sin ningún inconveniente.
- **Control:** El sistema de blancos puede ser operado desde diferentes distancias que ayudan al movimiento y selección de los blancos de acuerdo a las necesidades del operador. [10]

3.2.3.3 Estructura y accionamiento del sistema blancos abatibles

El sistema de blancos abatibles está diseñado a partir de siluetas metálicas de pequeñas dimensiones que poseen dispositivos de accionamiento y control, dichas siluetas se caracterizan por ser transportables y autónomas donde el sistema de elevación se da de dos formas, el primero por resortes o ballestas que permiten las velocidades de elevación y no es armable automáticamente es decir se da por un solo uso que es el de accionamiento. La segunda forma

se da por sistemas motorizados o hidráulicos los cuales tienen un mantenimiento sencillo, sin presión y es más eficiente y controlado.

El accionamiento del sistema de los blancos abatibles puede ser manual y de programación o automático y puede realizarse con un sistema alambico mediante una unidad de control donde el módulo dispone de números de identificación o claves que ayudan a ejecutar las ordenes que se envían para poner en marcha el sistema de los blancos que se van a utilizar para el desarrollo de las prácticas de entrenamiento. [11]

3.2.4 Repotenciación

En el ámbito de la ingeniería energética e industrial, la repotenciación se refiere a la mejora del rendimiento de un sistema mediante la sustitución o modernización de sus componentes clave. Este proceso busca optimizar la eficiencia operativa, prolongar la vida útil de los equipos y, en muchos casos, incrementar su capacidad de producción. A este respecto, Balbás ofrece una definición clara y completa:

“Se puede definir como la acción de cambiar algún componente del grupo generador para mejorar sus prestaciones y al mismo tiempo, aumentar la potencia generadora del mismo. Es decir, la repotenciación se podría plantear como una inversión por reemplazo para ganar en prestaciones y de ampliación para aumentar la capacidad productiva”

Esta definición destaca la doble función de la repotenciación: como estrategia de modernización y como mecanismo para aumentar la capacidad operativa del sistema, lo que la convierte en una herramienta clave dentro de planes de mantenimiento, actualización tecnológica y eficiencia energética. [12]

3.2.4.1 Criterios técnicos para la repotenciación

Para llevar a cabo un proceso de repotenciación de manera efectiva, es fundamental realizar un diagnóstico técnico detallado que permita evaluar las condiciones reales del sistema. Este análisis considera factores como el nivel de deterioro de los componentes, su compatibilidad con nuevas tecnologías, así como los costos y beneficios de la intervención. Con base en estos criterios, es posible establecer las acciones necesarias para mejorar el rendimiento del sistema

sin comprometer su integridad ni seguridad operativa. Según Ortega y Silva los pasos recomendados para desarrollar un plan de repotenciación incluyen:

- La recopilación de información técnica
- El análisis de la normativa vigente
- La identificación de fallas o irregularidades
- La propuesta de soluciones técnicas viables
- Elaboración de la documentación correspondiente. [12]

3.2.4.2 Repotenciación de blancos abatibles

En la actualidad, los ejércitos del mundo se encuentran en un proceso constante de modernización tecnológica con el fin de optimizar sus capacidades operativas y de entrenamiento. Parte fundamental de esta evolución incluye la repotenciación de los sistemas de blancos abatibles, que son esenciales para mejorar el realismo y la eficacia del entrenamiento en campos de tiro. Esta repotenciación consiste en actualizar los componentes mecánicos, electrónicos y de software de los blancos para permitir el uso de nuevas funcionalidades, como el desplazamiento automatizado, detección de impactos, simulación de movimiento enemigo y conexión a sistemas de evaluación digital.

Los pasos más comunes en estos procesos incluyen:

- Diagnóstico técnico del sistema actual.
- Definición de mejoras tecnológicas necesarias.
- Incorporación de módulos móviles y sensores de precisión.
- Integración con sistemas informáticos de análisis.
- Capacitación del personal operador.
- Planificación del mantenimiento preventivo y repuestos.

Este tipo de iniciativas no solo aumentan la durabilidad del equipo, sino que permiten a los soldados entrenar en condiciones más cercanas a las reales del campo de batalla, reflejando así avances tecnológicos que forman parte integral del fortalecimiento de las capacidades tácticas de las fuerzas armadas, permitiendo entrenamientos más exigentes, medibles y ajustados a las condiciones reales de combate. [13]

3.2.5 Mantenimiento

El mantenimiento es una combinación de acciones o actividades necesarias que consisten en la reparación, conservación y mejoramiento de una unidad, sistemas y de equipos que se encuentren en condiciones de riesgo o falla lo cual no permita para garantizar su buen funcionamiento y cumplimiento de las tareas establecidas. [14]

3.2.5.1 Sistema de mantenimiento de equipos y nuevas tecnologías

Un sistema de mantenimiento es un conjunto de procesos, ajustes u operaciones que se realizan para asegurar que todo tipo de componentes, equipos y nuevas tecnologías tengan una funcionalidad adecuada con rendimientos óptimos para prevenir, evitar riesgos y paros innecesarios durante el desarrollo de sus funciones eléctricas y electrónicas. [15]

Tomando en consideración la definición anterior se puede mencionar que un sistema de mantenimiento es parte elemental ya que ayuda a corregir fallas o averías inesperadas en los equipos y componentes que se utilizan a fin de evitar pérdidas en los tiempos de trabajo o inactividad sea temporal o permanente.

3.2.5.2 Objetivos del mantenimiento

- Evita, reduce y repara las fallas de los equipos y sistemas instalados
- El mantenimiento continuo ayuda a disminuir la gravedad de las fallas y errores
- Evita detenciones inesperadas en los equipos permitiendo su trabajo adecuado
- Disminución de accidentes e incidentes proporcionando seguridad a los operadores o quienes hagan uso de equipos y maquinarias

- Prolongar la vida útil de equipos, componentes y sistemas a fin de obtener un rendimiento aceptable durante el desarrollo de actividades.
- Brindar un mejor servicio y aceptación para los practicantes según las necesidades. [16]

3.2.5.3 Estructura para el desarrollo de un mantenimiento

Para el desarrollo del mantenimiento se establece una estructura claramente definida basándose en acciones que influyen para que el cumplimiento sea eficaz y contribuya a mantener los equipos, componentes o sistemas eléctricos y electrónicos en condiciones adecuadas extendiendo su la vida útil o durabilidad.

- **Políticas mantenimiento:** Son los parámetros, estrategias, lineamientos y pautas a seguir en una organización o en sitios sobre el mantenimiento de todo tipo de equipos, sistemas eléctricos o electrónicos y cualquier otro tipo de componentes. En las políticas de mantenimiento se toma en cuenta algunas etapas como la planificación, programación, preparación, ejecución y evaluación de los resultados.
- **Plan de mantenimiento:** Es un documento o ficha técnica que detalla a cada uno de los equipos, maquinas o sistemas a los que cuales se debe dar mantenimiento, mediante el cumpliendo fechas y periodos de tiempo establecidos.
- **Programas de mantenimiento:** Son estrategias o tareas planificadas y regulares que se enfocan para la prevención de fallas y averías inesperadas en los equipos y componentes, por lo que los programas son empleados para asegurar el funcionamiento correcto de los equipos y su respectivo control optimizando recursos que puedan generar cualquier gasto. [17]

3.2.5.4 Tipos del mantenimiento

- **Preventivo:** Es una actividad programada de inspecciones tanto de funcionamiento, como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis y limpieza que deben llevarse a cabo de manera periódica tomando en cuenta un plan de mantenimiento establecido, su propósito es prever desperfectos y daños desde el estado inicial de los equipos o desde

que empiezan a operar permitiendo identificar fallos repetitivos y tratar de disminuir paradas inesperadas o el cese de las actividades en los equipos, sistemas e instalaciones.

- **Predictivo:** Consiste en el análisis de los parámetros de funcionamiento como la temperatura, presión, sonidos y acumulación de partículas que se dan en los equipos, componentes y sistemas eléctricos mientras estos actúan. El mantenimiento predictivo tiene como fin detectar algún fallo antes de que exista consecuencias graves, este se caracteriza porque se lo puede realizar sin afectar su funcionamiento normal, es decir mientras este activo.
- **Correctivo:** Se basa en una intervención requerida para resolver cualquier defecto o problema relacionado con el mal funcionamiento de las máquinas, equipos y sistemas eléctricos. En el mantenimiento correctivo se toma en cuenta la etapa de mantener y reparar toda acción que se utiliza con la finalidad de mejorar y presentar trabajos de calidad. [18]
- **Autónomo:** Es realizado por uno mismo, tomando en cuenta aspectos de menor complejidad sin causar cualquier tipo de daños o pérdidas operativas en los equipos y sistemas establecidos. [18]

3.2.5.5 Recursos para el mantenimiento de equipos y sistema

- Abastecimiento y aprovisionamiento de suministros o elementos de reparación.
- Personal capacitado para el desarrollo y cumplimiento del mantenimiento
- Instalaciones y talleres de mantenimiento para el desarrollo de practicas y cumplimiento de acciones solicitadas por quienes lo requieran.
- Datos técnicos como manuales de mantenimiento, procedimientos de comprobación e instrucciones de inspección y calibración de equipos mediante la utilización de planos y aspectos relevantes.

4. METODOLOGÍA

El presente capítulo tiene como finalidad detallar la descripción, el desarrollo y diseño del sistema de blancos abatibles en el campo de entrenamiento táctico de la Brigada de Fuerzas Especiales N°9 "Patria" usando elementos eléctricos y electrónicos para aportar al entrenamiento militar., a fin de proponer un informe técnico-económico con evaluación de costos, beneficios y viabilidad.

Se realizó el diseño del sistema blancos abatibles, donde en cuenta componentes neumáticos, componentes de control, pulsadores, indicadores y aplicaciones remotas, uso de herramientas computacionales de simulación y programación. El sustento diseño para el control de parámetros se ve reflejado en la investigación de documentos, artículos científicos, softwares computacionales, sitios web.

4.1 Matriz de relación de variables

La Tabla 1 muestra una diferenciación entre las variables independientes y dependientes del sistema de blancos abatibles, lo cual es esencial para lograr una comprensión clara y organizada del funcionamiento del sistema. Reconocer estas variables facilitan el establecimiento de relaciones fundamentales y permite analizar con mayor precisión cómo se comporta el sistema.

Tabla 1: Matriz de relación de dependencia de variables

Variables independientes	Campo de entrenamiento táctico de la Brigada Patrian N°9.
Variables dependientes	Sistema eléctrico de blancos móviles.

La Tabla 2 muestra las variables de entrada, las cuales están relacionadas con la activación del sistema mediante botones físicos o virtuales, permitiendo al operador iniciar, detener o configurar la secuencia de funcionamiento de los blancos abatibles de forma manual y controlada, a través de señales digitales que son interpretadas por el LOGO para ejecutar las acciones correspondientes.

Tabla 2: Matriz de variables entrada

VARIABLES DE ENTRADA				
Relacionadas con la activación del sistema mediante botones físicos o virtuales				
Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas
Botón de inicio	Control manual/Digital	Activado / No activado	Consola o aplicación remota	Entrada digital
Botón de paro	Control manual/Digital	Activado / No activado	Consola o aplicación remota	Entrada digital
Botón de paro de emergencia	Seguridad/Digital	Activado / No activado	Consola física o aplicación remota	Corte inmediato de energía
Selección de secuencia	Control programado	Tipo de secuencia seleccionada	HMI / aplicación remota	Entrada digital o analógica

La Tabla 3 muestra las variables de salida que están relacionadas con el movimiento de los blancos abatibles, las cuales se activan mediante señales enviadas desde el LOGO hacia los actuadores del sistema, como electroválvulas y cilindros de doble efecto, permitiendo la elevación o el abatimiento de los blancos de acuerdo con la lógica de control establecida.

Tabla 3: Matriz de variables de salida

VARIABLES DE SALIDA					
Relacionadas con el movimiento de blancos abatibles					
Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos / Dispositivos

Activación de electroválvulas	Control neumático	Energizada / Desenergizada	Sistema neumático	Señal de salida digital del LOGO	Electroválvulas
Movimiento de cilindros	Actuación mecánica	Extendido / Replegado	Blanco abatible	Control de doble efecto	Cilindros neumáticos de doble efecto
Estado del blanco	Posición mecánica	Visible / Abatido	Blanco abatible	Activación neumática	Mecanismo abatible
Simulación visual	Visualización en pantalla	Blanco arriba / abajo (animación)	Pantalla de monitoreo	Visualización virtual	Software Unity

4.1.1 Diseño conceptual

Este diseño conceptual se basó principalmente en determinar la lógica de funcionamiento del sistema de blancos abatibles, con el fin de establecer si la integración entre los botones físicos y virtuales, el controlador lógico y los actuadores garantizan una respuesta adecuada y segura. Una vez determinado esto, se realizó un correcto dimensionamiento y verificación de la disponibilidad de pulsadores, indicadores, pantalla de monitoreo y controladores, con el fin de aplicar una selección de componentes de calidad que aseguren la fiabilidad del sistema.

4.1.2 Diagrama de funcionamiento básico

El sistema de monitoreo de blancos abatibles se divide en tres etapas principales como se puede observar en la figura 7, de las cuales se pueden identificar en cada parte fundamental los equipos y características que los conforman, la primera etapa está destinada a las señales de entrada que permitirán el inicio del sistema, secuencia y paro de emergencia.

La segunda etapa destinada al controlador-lógico que para caso de estudio fue un controlador lógico, este ayudó a interpretar las señales de entrada para posteriormente ejecutar las acciones

necesarias sobre los actuadores con el objetivo de que los blancos abatibles sean accionados con una secuencia seleccionada.

En la última etapa disponemos de una pantalla de monitoreo que muestra las acciones realizadas por el sistema en tiempo real, la activación de los blancos abatibles, así como una simulación visual del campo de tiro desarrollada en Unity para facilitar la supervisión y evaluación del entrenamiento táctico.

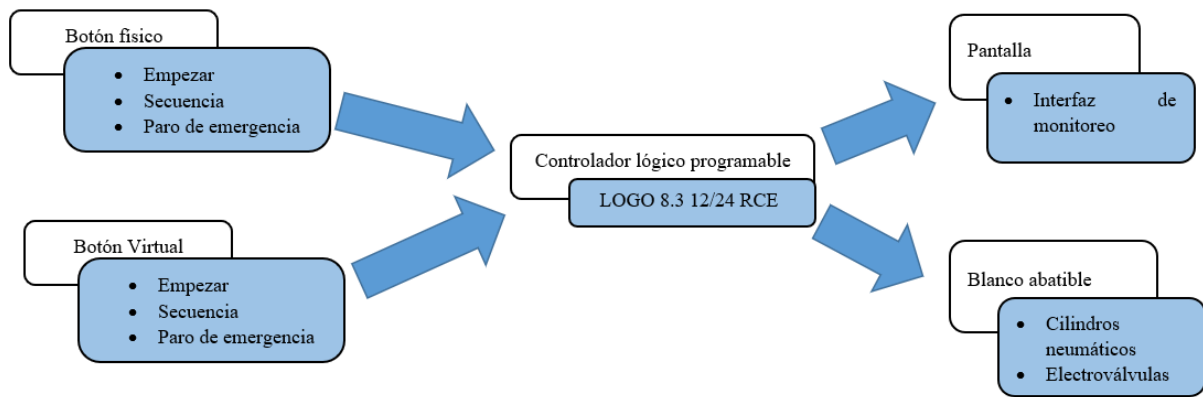


Figura 7: Controlador lógico programable

4.2 Selección de materiales




Para llevar a cabo esta propuesta tecnológica, se optó por un diseño basado en materiales que aseguren un desempeño óptimo, alta durabilidad y precisión frente a posibles interferencias del entorno. Los componentes seleccionados deben ser lo suficientemente robustos para resistir condiciones adversas como vibraciones, humedad, polvo, cambios de temperatura y golpes mecánicos. Asimismo, tanto el microcontrolador como los dispositivos de almacenamiento deben ofrecer un procesamiento eficiente y una transmisión de datos estable y confiable, garantizando así la operatividad continua del sistema. En esta sección se detallan los criterios considerados para la elección de los materiales clave, teniendo en cuenta su desempeño técnico, costo y compatibilidad con el resto del sistema.

4.2.1 Controlador lógico programable

Para esta selección se tomó en cuenta 3 PLCs que son los más comunes y asequibles en la industria; entre ellos están el logo siemens 12/24RCE, Schneider Electric Zelio SR2B121BD y

Allen-Bradley Micro810 2080-LC10-12QWB. Las especificaciones tomadas en cuenta para la selección del PLC fueron las siguientes: alimentación, número de entradas y salidas digitales, tipo de salida, dimensiones, comunicación y comunicación como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4: Especificaciones de PLCs

	Siemens LOGO! 12/24RCE	Schneider Electric Zelio SR2B121BD	Allen-Bradley Micro810 2080-LC10- 12QWB
Características			
Alimentación	12/24 V DC	24 V DC	12/24 V DC
Entradas digitales	8 (4 pueden configurarse como analógicas)	8	8
Salidas digitales	4 relé	4 relé	4 relé
Comunicación	Ethernet, servidor web integrado, Modbus TCP	Puerto mini USB para programación	Puerto USB para programación
Memoria de programa	400 bloques	200 bloques	No especificado
Pantalla integrada	Sí	Sí	No
Montaje en riel DIN	Sí (35 mm)	Sí	Sí
Dimensiones (mm)	90 x 71.5 x 60	71.2 x 90 x 60	90 x 70 x 60

El controlador siemens logo se escogió por varias razones entre ellas están:




- El número de entradas digitales de 8 es adecuado para este proyecto ya que el sistema cuenta con 4 finales de carrera, 1 paro de emergencia, 1 pulsador para inicio del sistema y 1 botón para variar la secuencia de blancos abatibles.
- La alimentación de 12 V DC es ideal ya que es de fácil conexión, ampliamente disponible y compatible con la mayoría de los componentes del sistema, como sensores, módulos de control y actuadores. Por esta razón, se descarta el uso del PLC Schneider Electric Zelio, el cual requiere una alimentación de 24 V DC, lo que implicaría la incorporación de una fuente adicional, aumentando la complejidad, el costo y el consumo energético del sistema.
- El tamaño de 90 x 71.5 x 60 mm indica que el LOGO es pequeño lo que lo hace ideal para la ubicación en una caja de protección no muy grande.
- El protocolo de comunicación Ethernet, servidor web integrado, Modbus TCP son estándar en la industria para la transmisión de datos entre distintos dispositivos como: variadores de frecuencia, SCADA, etc, siendo tecnología suficiente para el proyecto, por lo que se descarta los PLC Allen-Bradley Micro810 2080-LC10-12QWB.

4.2.2 Selección de router

Para la conectividad inalámbrica del sistema, se evaluaron tres routers de uso general con capacidad de operación en redes de 2.4 GHz y distintos niveles de prestaciones. La selección consideró la velocidad de transmisión requerida, compatibilidad, consumo energético, facilidad de configuración y costo. La Tabla 5 muestra la comparación de las especificaciones más relevantes entre los modelos considerados.

Tabla 5: Selección del router

Especificaciones	ROUTER TPLINK WIFI 300Mbps	ROUTER DAHUA N3	ROUTER AX3000	DAHUA
-------------------------	---	----------------------------	--------------------------	--------------

			
Velocidad inalámbrica	300 Mbps (2.4 GHz)	300 Mbps (2.4 GHz)	574 Mbps (2.4 GHz) + 2402 Mbps (5 GHz)
Puertos Ethernet	4 LAN + 1 WAN (10/100 Mbps)	3 LAN + 1 WAN (10/100 Mbps)	3 LAN + 1 WAN (Gigabit 10/100/1000 Mbps)
Antenas	2 antenas fijas de 5 dBi	2 antenas externas omnidireccionales	4 antenas externas omnidireccionales
Modos de funcionamiento	Solo enrutador	Enrutador, Repetidor	Enrutador, Repetidor
Estándares Wi-Fi	IEEE 80211 b/g/n	IEEE 802.11 b/g/n	IEEE 802.11 b/g/n/ac/ax (Wi-Fi 6)
Botón WPS/Reset	Sí (WPS/Reset combinado)	Sí (Reset, WPS disponible)	Sí (Reset), WPS disponible
Seguridad inalámbrica	WPA/WPA2	WPA-PSK, WPA2-PSK, WPA2-MIXTO	WPA/WPA2/WPA3, Wi-Fi para invitados, control parental
Fuente de alimentación	9V / 0.6 ^a	12V / 0.5 ^a	12V / 1.5 ^a

A pesar de la disponibilidad de routers más avanzados como el Dahua AX3000, el TP-Link WiFi 300 Mbps fue seleccionado por su excelente relación costo–beneficio, siendo




completamente adecuado para los requerimientos del sistema. La decisión se justifica por los siguientes puntos:

- Velocidad suficiente para la aplicación: Aunque el AX3000 ofrece velocidades superiores, los 300 Mbps del TP-Link en la banda de 2.4 GHz son más que suficientes para los requerimientos de comunicación del sistema, que se limita al envío de señales de control y transmisión de datos de bajo volumen entre el LOGO, cámara y el sistema de visualización.
- Mayor número de puertos Ethernet: El TP-Link cuenta con 4 puertos LAN + 1 WAN, lo que permite una conexión directa a múltiples dispositivos sin necesidad de switches adicionales. Esto representa una ventaja frente a los routers Dahua, que solo ofrecen 3 puertos LAN.
- Menor consumo energético: Requiere solo 5.4 W, mientras que el Dahua AX3000 consume hasta 18 W, lo que representa un ahorro energético importante para instalaciones de operación continua o alimentadas mediante sistemas portátiles o de respaldo.
- Simplicidad de configuración: Su modo exclusivo como enrutador evita interferencias o complejidades innecesarias en la red, simplificando la puesta en marcha del sistema.

4.2.3 Selección de fuente

La fuente de alimentación seleccionada debe proporcionar una salida de 24 V DC con suficiente corriente para alimentar de manera confiable los actuadores, sensores y dispositivos de control del sistema de blancos abatibles. Para ello, se evaluaron tres modelos comerciales, cuyas especificaciones se detallan en la Tabla 6.

Tabla 6: Selección de la fuente

	EVL TPS-2405\	Autonics SPB-120-24	WAGO 787-732
Características			
Voltaje de entrada	120–240 V AC (selector manual)	100–240 V AC	100–240 V AC
Voltaje de salida	24 V DC (ajustable)	24 V DC	24 V DC
Corriente de salida	5 A	5 A	5 A
Potencia	120 W	120 W	120 W
Protecciones	Sobretensión, sobrecorriente	Sobrecarga, cortocircuito	Cortocircuito, sobrecarga, sobretensión
Indicadores LED	Sí	Sí	Sí (DC-OK)
Montaje	Superficie	Riel DIN	Riel DIN
Dimensiones (mm)	198 × 98 × 42	125 × 113 × 40	110 × 136 × 92




A pesar de que las tres fuentes ofrecen las mismas capacidades eléctricas nominales (24 V, 5 A, 120 W), la EVL TPS-2405 fue seleccionada por su sobresaliente relación entre costo, funcionalidad y adaptabilidad al sistema. A continuación, se detallan los motivos técnicos que justifican su elección:

- Compatibilidad eléctrica total: Proporciona la misma salida de 24 V DC y 5 A que las opciones de Autonics y WAGO, garantizando la correcta alimentación de los componentes del sistema.

- Protecciones integradas suficientes: Aunque la fuente WAGO ofrece una gama más amplia de protecciones, la EVL TPS-2405 cubre las más críticas para este tipo de sistemas: sobretensión y sobrecorriente, protegiendo los dispositivos de fallas eléctricas comunes.
- Versatilidad de entrada: Acepta voltajes de entrada de 120 a 240 V AC con selector manual, facilitando su adaptación en diferentes entornos eléctricos.
- Indicador LED de estado: Permite una verificación rápida del funcionamiento del sistema de alimentación.
- Dimensiones reducidas: Aunque no es la más compacta, su diseño de montaje en superficie permite una instalación sencilla y económica en tableros eléctricos o cajas de control sin requerir riel DIN.

4.2.4 Selección de electroválvula

Tabla 7: Selección de la electroválvula

	Shako BM520-02- S 5/2	XCPC 5/2 G1/4	Electroválvula S0 5 de Aignep
Características			
Caudal o área efectiva	18 a 50 mm ² (según modelo)	1378 NI/min (1.40 CV)	~800 NI/min
Presión de trabajo	2 – 8 kgf/cm ²	1.5 – 8.0 Bar	2 – 7 Bar

Presión máxima soportada	9.9 kgf/cm ²	12 Bar	8 Bar
Temperatura de operación	-10 a 50 °C	5 a 50 °C	5 a 40 °C
Lubricación	No requerida	Recomendado: ISO VG32	Requiere ocasional
Tipo de bobina	DIN estándar	DIN 43650 tipo B	Económica
Clase de protección	IP65 (DIN 40050)	IP65 (NEMA 4)	IP40
Clase de aislamiento	Clase F	Clase F (NEMA F)	Clase E
Voltaje estándar	24 VDC	24 VDC	12 o 24 VDC
Tolerancia de voltaje	±10%	±10%	±7%
Tiempo de excitación	< 0.05 seg.	0.05 seg.	>0.1 seg.

La selección de la electroválvula se realizó tomando en cuenta las más asequibles en la industria, entre ellas están la electroválvula Shako BM520-02-S 5/2, la electroválvula XCPC 5/2 G1/4 y la electroválvula S0 5 de Aignep. El análisis se realizó tomando en cuenta especificaciones técnicas como: caudal, presión de trabajo, temperatura de operación, lubricación, tipo de bobina, protección, entre otros.

En la Tabla 7 se comparan tres electroválvulas de 5 vías y 2 posiciones, con el objetivo de seleccionar la más adecuada para el sistema de blancos abatibles. Tras el análisis técnico, se determinó que la Shako BM520-02-S 5/2 es la opción más recomendable por las siguientes razones:

- **Amplio rango de caudal efectivo:** Aunque el modelo depende del tamaño específico, la Shako ofrece un rango de área efectiva de hasta 50 mm², lo cual permite una respuesta rápida y eficiente en sistemas neumáticos de diferentes demandas.
- **Excelente tolerancia de presión:** Soporta presiones de trabajo entre 2 y 8 kgf/cm² y una presión máxima de hasta 9.9 kgf/cm², lo que la hace confiable en aplicaciones de mayor exigencia.
- **Funcionamiento sin lubricación:** A diferencia de otras opciones que requieren o recomiendan lubricación, la Shako puede operar sin mantenimiento adicional, facilitando la instalación y reduciendo costos de operación.
- **Respuesta rápida:** Su tiempo de excitación es menor a 0.05 segundos, lo que la convierte en una de las más veloces del grupo, ideal para sistemas que requieren alta precisión y tiempos de respuesta cortos.
- **Protección y durabilidad:** Posee clase de protección IP65 bajo norma DIN 40050 y aislamiento clase F, lo cual garantiza un buen desempeño en ambientes industriales, con resistencia al polvo y a salpicaduras.

4.2.5 Diseño del sistema neumático

Para el diseño del sistema neumático se seleccionaron varios componentes, entre ellos están la electroválvula, el cilindro neumático, el compresor y el tanque de almacenamiento de aire, para esto es necesario el cálculo del diámetro de vástago por lo tanto como primer paso del diseño, se seleccionó el cilindro neumático. Se elaboró un modelo CAD del blanco abatible utilizado en el campo de entrenamiento de la Brigada de Infantería Motorizada N.º 9 "Patria", tal como se muestra en la Figura 8. Este modelo fue desarrollado en el software SolidWorks, donde se asignaron las propiedades físicas del material correspondiente, en este caso, madera de pino.

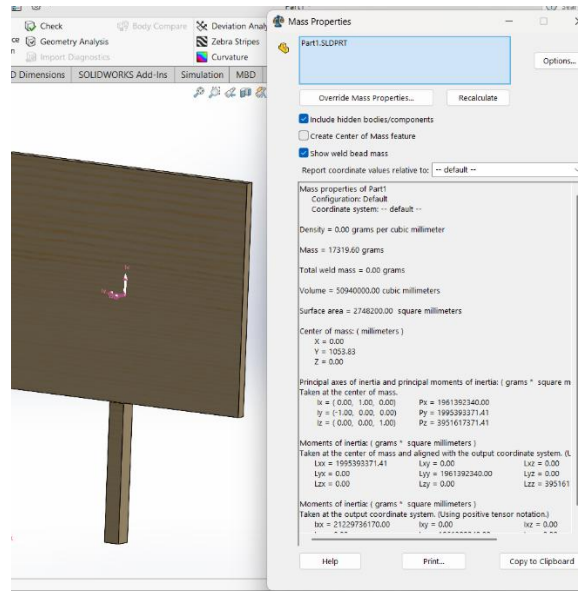


Figura 8: Sistema neumático

Entre los distintos parámetros obtenidos, el dato más relevante fue la masa del blanco, ya que permitió calcular con precisión la fuerza necesaria para elevarlo mediante un actuador neumático, como se describe a continuación.

$$F = m * g$$

$$F = 17.3Kg * 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$F = 169.7N$$

Esta fuerza es sobredimensionada con un factor de 1.5 con el objetivo de seleccionar un cilindro neumático robusto para el sistema obteniendo un resultado de

$$F = 255 N$$

Dado que la mayoría de cilindros neumáticos comerciales operan dentro de un rango de presión comprendido entre 0.1 MPa y 1.0 MPa, se selecciona como valor de trabajo 0.6 MPa, por ser el más utilizado en aplicaciones industriales. Esta presión garantiza un funcionamiento eficiente y seguro, sin comprometer la integridad de los componentes ni la disponibilidad del aire comprimido en el sistema.


A partir de este valor de presión de trabajo, se procede al cálculo del diámetro del vástago, según la fuerza necesaria para elevar el blanco abatible, como se detalla a continuación.

$$F = P * A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi P}} = 23.3 \text{ mm}$$

La selección del cilindro neumático se realizó tomando en cuenta factores como: tipo de acción, material del cuerpo, diámetro del vástago, carrera, conexión de aire, presión de trabajo, temperatura de operación y montaje como se observa en la tabla 8. Donde se realizó la selección de 3 series de cilindros, SMC CM2B, Festo ESNU, Cilindro SE Genérico los cuales son muy recomendados para proyectos industriales.

Tabla 8: Especificaciones técnicas de cilindros neumáticos

	SMC CM2B	Festo ESNU	Cilindro SE Genérico
Características			
Tipo de acción	Simple efecto (retorno por resorte)	Simple efecto (retorno por resorte)	Simple efecto (retorno por resorte)
Material del cuerpo	Acero inoxidable	Acero inoxidable de alta aleación	Aluminio
Diámetro del vástago	20 - 40 mm	8–25 mm	8–16 mm
Carrera	10–300 mm	10–300 mm	80–100 mm
Conexión de aire	M5 a G1/4"	G1/8" a G1/4"	1/8" o 1/4" NPT
Presión de trabajo	0.05–1.0 MPa	0.1–1.0 MPa	0.2–0.8 MPa
Temperatura de operación	-10 a 70 °C	-20 a 80 °C	-10 a 60 °C
Montaje	Diversas opciones (bridas, placas, etc.)	Diversas opciones (bridas, placas, etc.)	Bridas o placas con tornillos

La Tabla 8. compara tres cilindros neumáticos de simple efecto con retorno por resorte. Tras el análisis de sus características técnicas, el SMC CM2B se seleccionó como la mejor opción para su integración en el sistema de blancos abatibles, por las siguientes razones:

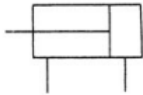
- Alta versatilidad de medidas: El SMC CM2B ofrece una amplia variedad de diámetros de vástago de 20 a 40 mm por lo cual se descarta el cilindro SE Genérico y el Festo ESNU ya que ofrecen diámetros demasiado pequeños resultando inadecuados para el sistema.
- Recorridos de carrera de hasta 300 mm, lo cual permite adaptar el cilindro de manera precisa a las necesidades mecánicas del sistema.
- Material resistente y confiable: Su cuerpo de acero inoxidable garantiza una excelente resistencia a la corrosión y durabilidad en condiciones exigentes, sin elevar significativamente su peso, lo que mejora la vida útil del sistema.
- Amplio rango de conexión de aire: Cuenta con opciones de conexión que van desde M5 hasta G1/4", lo que permite una mayor flexibilidad en el diseño del sistema neumático.
- Compatibilidad y facilidad de instalación: El modelo incluye diversas opciones de montaje como bridas y placas, facilitando su integración en diferentes estructuras mecánicas sin necesidad de modificaciones adicionales.
- Buen rendimiento bajo presión: Su capacidad de operación en rangos de 0.1 a 1.0 MPa lo hace adecuado para sistemas de baja y media presión, garantizando una respuesta eficaz con seguridad operativa.
- Amplio rango de temperatura: Aunque no es el que soporta la temperatura más alta, su rango de -10 a 70 °C es más que suficiente para la mayoría de aplicaciones industriales estándar.

El cálculo del diámetro del vástago permite completar la selección del cilindro neumático del cilindro neumático correspondiente a la serie CM2. Para esta propuesta tecnológica, se determinó un diámetro de 25 mm con una carrera de 100 mm, operando dentro de un rango de presión comprendido entre 0.05 MPa y 1 MPa, lo cual asegura compatibilidad con las condiciones de trabajo del sistema de blancos abatibles.



JIS symbol

Double acting/Single rod



Made to Order

Specifications

Bore size (mm)	20	25	32	40
Style	Air cylinder			
Action	Double acting/Single rod			
Fluid	Air			
Proof pressure	1.5MPa			
Max. operating pressure	1.0MPa			
Min. operating pressure	0.05MPa			
Ambient and fluid temperature	Without auto switch: -10 to +70°C (No freezing) With auto switch: -10 to +60°C (No freezing)			
Lubrication	Non-lube			
Thread tolerance	JIS class 2			
Stroke tolerance	+1.4 0			
Piston speed	50 to 750mm/s			
Cushion	Rubber bumper			
Allowable kinetic energy	0.27J	0.4J	0.65J	1.2J

Standard Stroke

Bore size (mm)	Standard stroke(mm) (1)	Long stroke (2) (mm)	Max. stroke (mm)
20		400	1000
25	25, 50, 75, 100, 125, 150	450	1500
32	200, 250, 300	450	2000
40		500	2000

Figura 9: datos del cilindro neumático

A continuación, se procede al diseño del compresor para el cual es esencial el cálculo del caudal, sabiendo que este es igual a

$$Q_s = V * P * n$$

Donde:

Q_s : caudal estándar

V: volumen de aire

P: Presión en la que se encuentra el aire

n: ciclo de trabajo

El volumen se encuentra mediante el diámetro del vástago de la siguiente manera y la longitud de carrera:

$$V = \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) * L$$

$$V = \left(\frac{\pi(0.025)^2}{4} \right) * 0.1 = 0.0491L$$

Para el cálculo del ciclo de trabajo se tomó en cuenta el tiempo de vuelo de una bala por lo cual se trabajó únicamente con la bala más lenta, en el campo de entrenamiento de la Brigada Patria N°9 se utilizan 2 tipos de balas, para pistola se usa un calibre de 9mm dispara a una distancia máxima de 20m y para un fusible se usa una bala de calibre 5,56 mm disparados a un máximo de 100m.

Sabiendo que el promedio en velocidades de la bala de 9mm es de 350m/s y de la bala de fusible de 5,56mm es de 853m/s se calcula el tiempo de vuelo de cada bala de la siguiente manera:

$$Tdv = \frac{\text{distancia}}{\text{velocidad}}$$

$$Tdv_{9mm} = \frac{20 \text{ m}}{350 \text{ m/s}}$$

$$Tdv_{9mm} = 0.057s$$

$$Tdv_{5,56mm} = \frac{100 \text{ m}}{853 \text{ m/s}}$$

$$Tdv_{5,56mm} = 0,11s$$

Una vez encontrado el tiempo de vuelo se realizó el cálculo del ciclo de trabajo con varias consideraciones que se muestran en la tabla 4. Tomando en cuenta que la bala que se demora mayor tiempo en llegar a su destino es el calibre 5,56mm y la secuencia donde se consumirá mayor caudal será cuando se eleven 4 abatibles al mismo tiempo se multiplica el tiempo de vuelo por 4 resultando 0,469.

Tabla 9: Datos del ciclo de trabajo

Fase	Tiempo (s)
Elevación del blanco	0.5

Carga del arma	1.5
Disparo a 4 blancos	4.0
Vuelo total de 4 balas (5.56 mm a 100 m)	0.9
Margen de seguridad	0.3
Bajada del blanco	0.5
Total, del ciclo	≈ 7.27 s

Los ciclos por minuto se calculan con la siguiente ecuación:

$$n = \frac{1 \text{ min}}{\text{total del ciclo}}$$

$$n = \frac{60 \text{ s}}{7,27 \text{ s}} = 8,25 \text{ ciclo / minuto}$$

Finalmente se procede a calcular el caudal con la ecuación 4. De la siguiente manera:

$$Q_s = 0.0491L * 6bar * 8.25s$$

$$Q_s = \frac{2,43L}{\text{min}}$$

Al ser 4 abatibles que se deben abastecer al mismo tiempo se multiplica el resultado para 4 obteniendo un caudal necesario de:

$$Q_s = \frac{9,72L}{\text{min}}$$

Tomando en cuenta que el caudal real de aire es afectado por la altitud, temperatura ambiente y humedad relativa del aire se procede a recalculer el caudal con la siguiente formula:

$$Q_w = Q_s * \left(\frac{T_w}{T_s}\right) * \left(\frac{P_s}{P_w - \frac{RHW * PV_w}{100}}\right)$$

Donde:

Tabla 10: Parámetros del caudal

Parámetro	Valor
Diámetro del cilindro	25 mm = 0.025 m
Carrera del cilindro	100 mm = 0.1 m
Presión de trabajo	6 bar (relativa)
Número de cilindros activos	4
Ciclos por minuto (fusil 5.56)	8.25 cpm
Condiciones ambientales	
→ Temperatura ambiente T_w	25 °C = 298.15 K
→ Temperatura estándar T_s	0 °C = 273.15 K
→ Presión estándar P_s	1.01325 atm
→ Presión local P_w	0.72 atm
→ Humedad relativa RHW	60%
→ Presión de vapor del agua PV_w	0.0318 atm

$$Q_w = 9,72 * \left(\frac{298,1}{273,15} \right) * \left(\frac{1,01325atm}{0,72atm - \frac{60\% * 0,0318atm}{100}} \right)$$

$$Q_w = 15,34 \frac{L}{min}$$

Finalmente se procede a calcular el volumen del tanque de almacenamiento

$$V_{TK} = 0,25 * Q_w * \frac{P_{atm} * T_e}{f * (P_{wc} - P_e) * T_w}$$

Donde:

Tabla 11: Parámetros del tanque de almacenamiento

Descripción con símbolo	Valor utilizado
VTK – Volumen del tanque acumulador (litros)	1.02
Qw – Caudal real corregido de consumo de aire (L/s)	0.2623
Patm – Presión atmosférica absoluta (bar)	1.00
Te – Temperatura del aire a la salida del compresor (K)	308.15
f – Frecuencia de regulación (veces por segundo)	0.0333
PWC – Presión máxima del acumulador (bar)	8.0
Pe – Presión mínima del acumulador (bar)	6.0
Tw – Temperatura del aire ambiente (K) – ingreso al compresor	298.15

$$V_{TK} = 0,25 * 0.2623 * \frac{1 * 308,15}{1/30 * (8 - 6) * 298,15}$$

$$V_{TK} = 0,25 * 0.2623 * \frac{1 * 308,15}{1/30 * (8 - 6) * 298,15}$$

$$V_{TK} = 0,99 L$$

Al volumen calculado del tanque necesario para alimentar a los cilindros neumáticos se le debe sumar un valor extra del aire que debe circular por las mangueras hacia las electroválvulas, para esto se realizó un análisis CAD con el objetivo de determinar la longitud total de las mangueras como se muestra en la figura 10

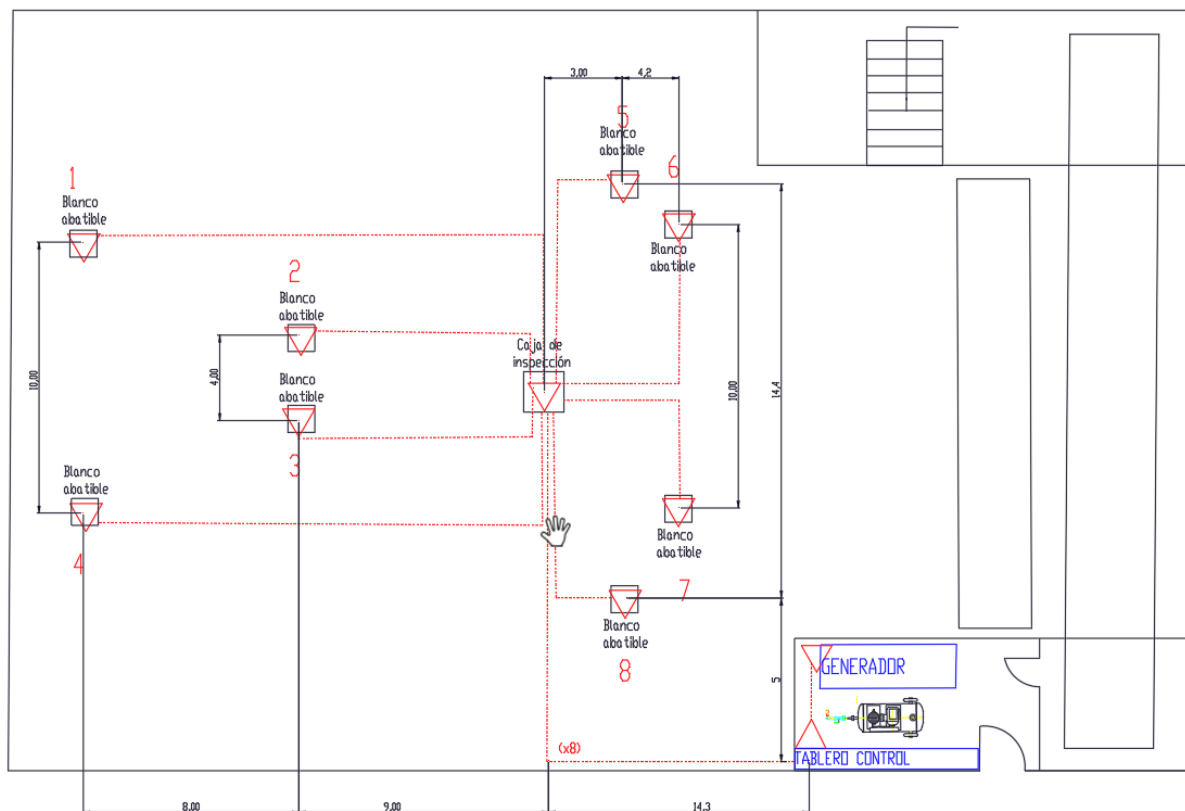


Figura 10: Análisis CAD

En la tabla 12 se observa el cálculo aproximado de la longitud de las mangueras según las distancias en las que se encuentran cada abatible hasta el compresor obteniendo un total de 446,6 m.

Tabla 12: Cálculo aproximado de la longitud de las mangueras

Tramos	Distancia
Tramos de panel de control hacia caja de inspección (x8).	204 m
Tramos de caja de inspección hacia abatible 1	48,5 m
Tramos de caja de inspección hacia abatible 2	37,5 m
Tramos de caja de inspección hacia abatible 3	33,5 m
Tramos de caja de inspección hacia abatible 4	38,5 m
Tramos de caja de inspección hacia abatible 5	30,7 m
Tramos de caja de inspección hacia abatible 6	24,3 m
Tramos de caja de inspección hacia abatible 7	14,3 m
Tramos de caja de inspección hacia abatible 8	16,3 m
Longitud total	446,6 m

A continuación, se procedió con el cálculo del volumen de aire que circula por las mangueras de ¼ in de la siguiente manera.

$$V = \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) * L$$

$$V = \left(\frac{\pi(0,003175m)^2}{4} \right) * 446,6m$$

$$V = 0,014143m^3 = 14,14 L$$

Con este volumen de 14,14 L se pudo sacar el volumen total del tanque de almacenamiento requerido, siendo un total de 15,14 L.

Para garantizar el funcionamiento eficiente del sistema de blancos abatibles, se requiere un compresor que proporcione un caudal de aire adecuado, presión suficiente y capacidad de almacenamiento para alimentar correctamente los cilindros neumáticos seleccionados. En base a ello, se evaluaron tres compresores comerciales disponibles en el mercado: California Air Tools 20040C, MPC-120C y Porten 1 HP – 30 L. a continuación se muestra en la tabla 13. Las especificaciones que se analizaron considerando parámetros clave como potencia del motor, presión máxima, caudal de aire a diferentes presiones, capacidad del tanque, y tipo de bomba.

Tabla 13: Parámetros del motor

Parámetro	California Air Tools 20040C	MPC-120C	Porten 1 HP – 30 L
Potencia del motor	4.0 HP (2×2.0 HP)	0.5 HP	1.0 HP (0.746 kW)
Voltaje / Frecuencia	220 V / 60 Hz	220 V / 60 Hz	120 V / 60 Hz
Consumo eléctrico	14 A	1.6–2.2 A	No especificado
Presión máxima	125 PSI (8.6 bar)	50 PSI (≈ 3.4 bar)	116 PSI (8 bar)
Caudal a 90 PSI	10.6 CFM (≈ 300 L/min)	—	4.0 CFM (≈ 113.3 L/min)

Caudal a 40 PSI	12.8 CFM (\approx 362.5 L/min)	100 L/min	—
Tanque	75.7 L (20 gal), acero	Sin tanque	30 L (7.9 gal)
Tiempo de llenado	150 s (0–125 PSI)	—	No especificado
Recuperación	40 s (115–125 PSI)	—	No especificado
Nivel de ruido	75 dB (ultrasilencioso)	—	No especificado
Bomba	Pistón dual sin aceite	—	Con aceite (lubricada)
Dimensiones	990 × 380 × 710 mm	350 × 275 × 380 mm	No especificadas
Peso	—	11.7 kg	No especificado

El compresor seleccionado para el sistema de blancos abatibles es el California Air Tools 20040C, debido a varias razones:

- Caudal de aire elevado: proporciona 300 L/min a 90 PSI, siendo suficiente para alimentar los 8 cilindros neumáticos del sistema incluso bajo ciclos exigentes, por otro lado, se descarta el compresor Porten de 1 HP – 30 L, ya que su caudal de 113 L/min es limitado
- Presión de trabajo adecuada: su presión máxima de 8.6 bar cumple con el requerimiento de los actuadores seleccionados (6 bar), permitiendo un margen técnico de seguridad para compensar pérdidas por tuberías y válvulas.

- Capacidad de almacenamiento: el tanque de 75.7 L permite una reserva de aire suficiente para sostener múltiples ciclos sin exigir arranques constantes del motor, lo cual protege al sistema y aumenta la vida útil.
- Nivel de ruido reducido: con solo 75 dB de nivel sonoro, es clasificado como ultra silencioso, lo que facilita su operación en entornos cercanos a personas sin generar molestias auditivas.
- Tecnología de bomba sin aceite: reduce el mantenimiento y garantiza un aire más limpio para los actuadores, eliminando la necesidad de filtros adicionales o purgadores de aceite.

4.3 DISEÑO ELÉCTRICO

El sistema eléctrico consta en la automatización neumática controlada mediante un controlador LOGO 8.4 12/24RCE y supervisada de forma remota por medio de una aplicación móvil conectada por Wi-Fi, para ello el sistema debe contar con de varios elementos como se observa en la figura 10, la alimentación cuenta con 2 componentes que son el panel soldar que suministra 12V DC para energizar el router que permite la comunicación inalámbrica y un generador eléctrico entrega 110V AC que alimenta el disyuntor, el cual protege al circuito y entrega energía al controlador LOGO, al compresor y a otros elementos eléctricos del sistema.

En cuanto al control y comunicación del sistema, el LOGO es el núcleo del sistema de control ya que recibe señales desde pulsadores, paro de emergencia y una aplicación móvil conectada por Wi-Fi al router, permitiendo el control remoto.

Finalmente, la actuación neumática que cuando el LOGO activa la salida digital correspondiente, energiza las electroválvulas permite el paso del aire comprimido proveniente del compresor hacia el cilindro neumático, provocando su movimiento.

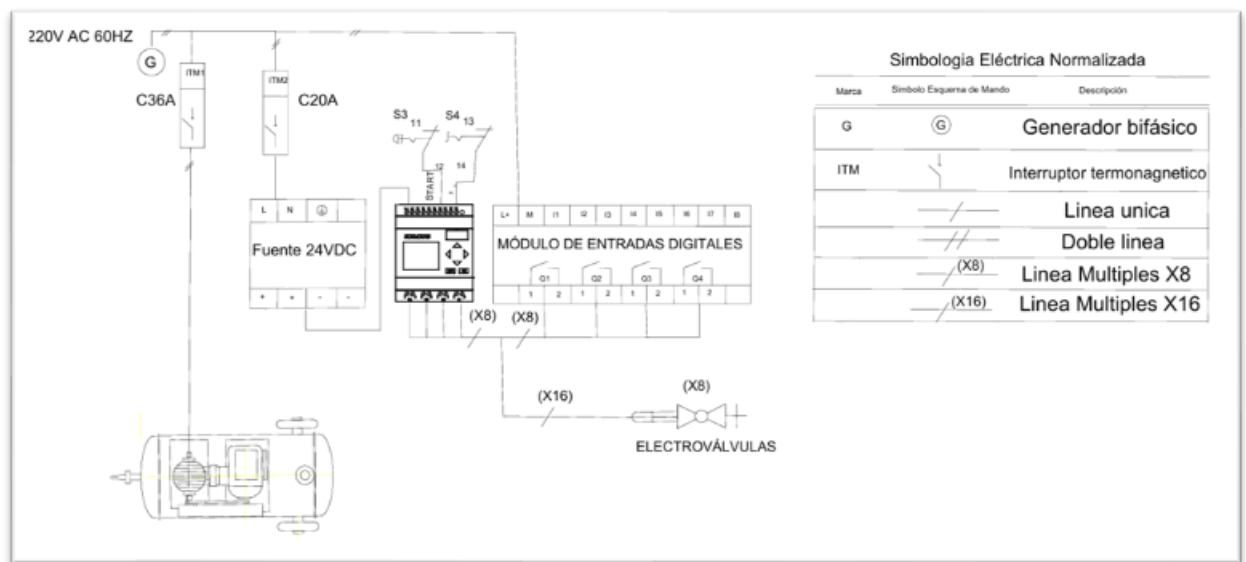


Figura 11: Diseño eléctrico

La figura 11 presentada muestra el diagrama de control basado en un Siemens LOGO 8.4, que tiene como objetivo principal la activación secuencial de un conjunto de electroválvulas. Este sistema automatizado permite manejar múltiples electroválvulas con varias secuencias establecidas mediante programación del controlador.

El sistema se alimenta a través de una línea monofásica protegida por un interruptor termomagnético. A partir de esta protección principal, se deriva una alimentación monofásica de 110 V AC que se utiliza para la activación de los componentes de control. Esta tensión se distribuye a los pulsadores y contactos auxiliares.

En el circuito de mando se identifican dos botones principales: uno marcado como START, utilizado para iniciar la secuencia automatizada, y otro pulsador destinado para el cambio de secuencia de los blancos abatibles. Ambas señales son llevadas al controlador Siemens LOGO!, el cual se encarga de procesarlas internamente.

El LOGO!, ubicado al centro del esquema, cuenta con varias salidas digitales conectadas a relés de control que energizan directamente las electroválvulas etiquetadas como VÁLVULA 1, VÁLVULA 2, etc. Cada salida del controlador está conectada a una bobina de contactor que, a su vez, acciona cada válvula mediante una conexión claramente definida. Se observa que todas las válvulas están alimentadas a 110 V AC y se conectan a través de bornes, lo cual indica un sistema controlado mediante contactores para aislar los circuitos de potencia y control.

La disposición ordenada de las electroválvulas permite una expansión sencilla y garantiza un control individual de cada actuador. Además, el uso del LOGO facilita modificaciones en la lógica de funcionamiento, permitiendo automatizaciones más complejas o cambios en la secuencia sin necesidad de modificar el cableado físico.

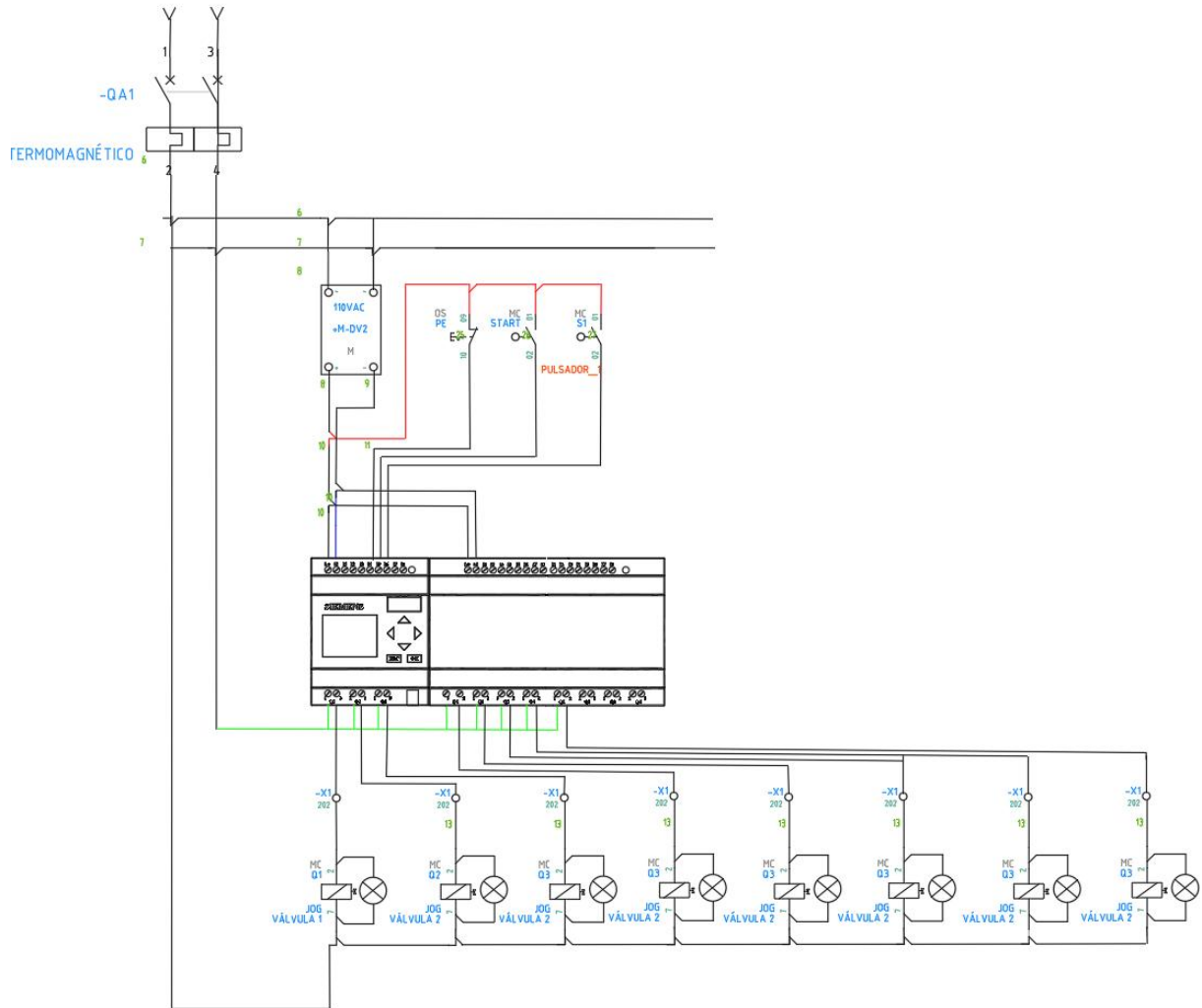


Figura 12: Diagrama de control

4.3.1 Distribución de componentes en el plano arquitectónico del área de entrenamiento

A continuación, se presenta el diseño de distribución de componentes y cableado que muestra la ubicación de los 8 blancos abatibles y las electroválvulas que se conectan hacia el tablero de control pasando primero por una vía en común nombrada como caja de inspección. El cableado es pasado estratégicamente bajo la tierra por medio de mangueras ya instaladas actualmente en

la brigada patria hacia el controlador el cual se encargará de enviar la señal a las electroválvulas para dejar pasar aire hacia los cilindros neumáticos permitiendo el levantamiento del blanco abatible. Además, el generador alimentara al compresor para que pueda suministrar el aire requerido a las electroválvulas.

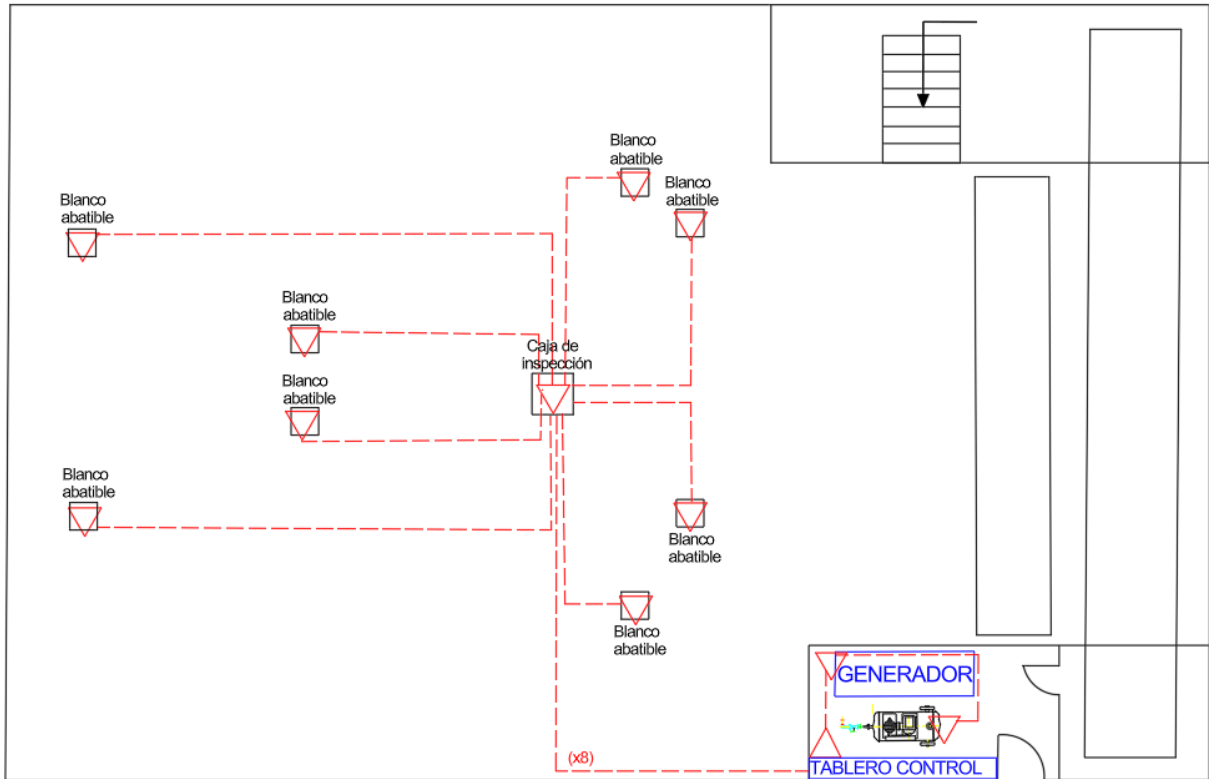


Figura 13: Distribución del cableado

2.1.1 Diseño del sistema fotovoltaico

La Brigada Patria N°9 cuenta con un campo de entrenamiento el cual no tiene fuentes de alimentación, por tal motivo se plantea la ubicación de paneles solares sobre la habitación de control el cual se encargara de recibir la energía que proporciona el sol y convertirla a voltaje para alimentar al router, la alimentación de este equipo es importante debido a que proporcionara una red inalámbrica al sistema de blancos abatibles con el objetivo de que el usuario tenga la opción de habilitar el sistema remotamente desde una aplicación realizada en Unity. Debido a que la radiación del sol cambia en el transcurso del día se propone un sistema compuesto por un panel, un controlador de corriente y un banco de baterías lo que permita que aunq la radiación sea baja o nula se tenga un respaldo de alimentación.

Para encontrar las especificaciones técnicas de cada componente se empezó calculando la potencia consumida por el router TpLynk de la siguiente manera.

$$P = V * I$$

Donde:

- P: Potencia consumida
- V: Voltaje de operación del router
- I: Corriente que consume el router

$$P = 9V * 0.6A$$

$$P = 5.4W$$

Esta potencia que requiere el router TpLynk seleccionado anteriormente se encontró con ayuda de la corriente y voltaje obtenidos de las especificaciones técnicas del router, lo cual permitió el cálculo del consumo diario del equipo tomando en cuenta un entrenamiento de 6 horas por día.

$$CD = P * T$$

Donde:

CD: Consumo diario

T: tiempo de consumo

$$CD = 5,4W * 6H$$

$$CD = 32,4WH/dia$$

La potencia mínima que requerirá el panel solar depende de las horas pico solares HSP para lo cual se investigó por medio del centro científico de la unión europea que brinda asesoramiento en tecnología digital, cambio climático, entre otros. En la figura 13 se puede observar el grado

de inclinación que debe tener los equipos fotovoltaicos en la región de Latacunga y la potencia fotovoltaica máxima instalada de 1 KWp.

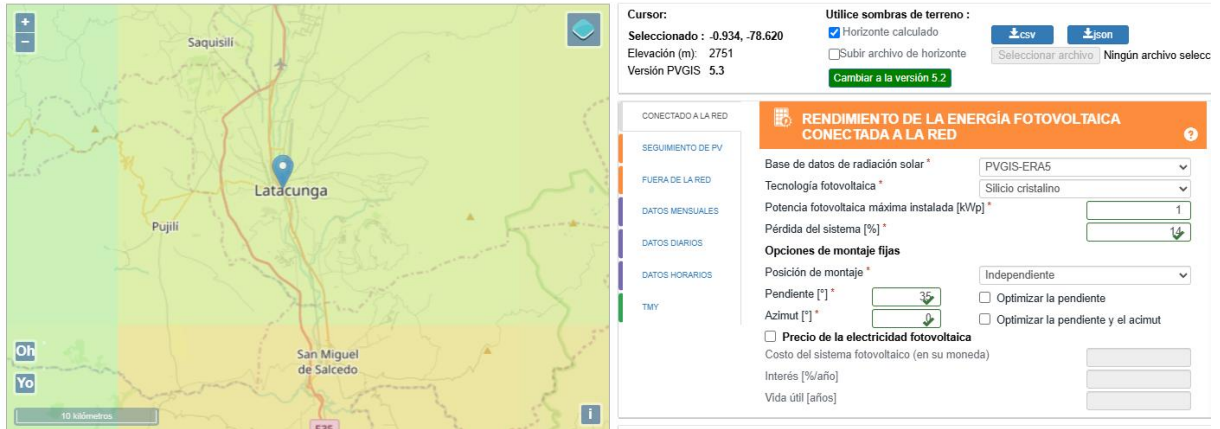
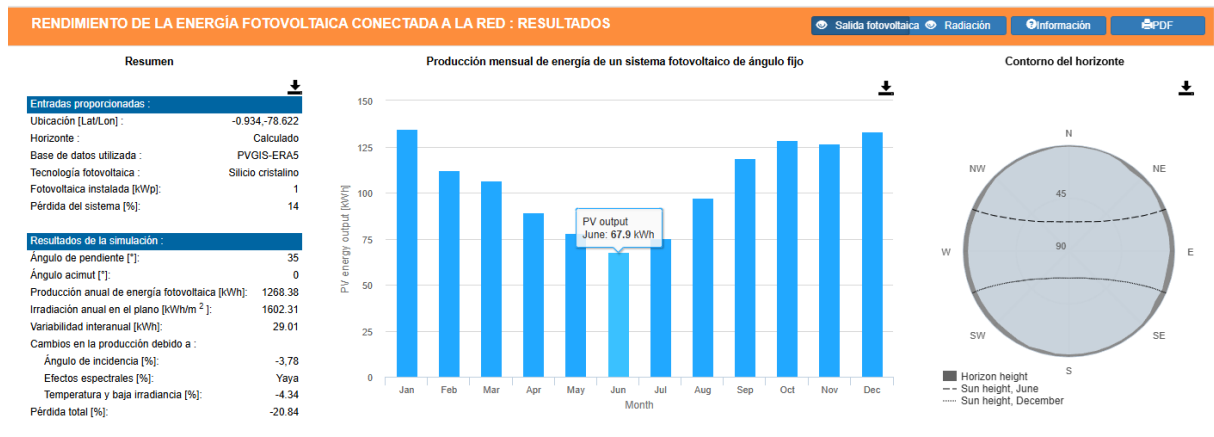


Figura 14: Interfaz de plataforma de centro científico de EU.

Tras seleccionar la región de interés, el sistema entrega la estimación mensual de la potencia fotovoltaica generada a lo largo del año. Como se muestra en la Figura 14, junio representa el mes con la menor generación, alcanzando un valor de 67,9 kWh mensuales.



Última actualización : 18/12/2024 Arriba

Figura 15: Rendimiento de energía por mes.

Esta información de potencia que proporciona la plataforma el centro científico de investigación EU, permitió el cálculo de HSP con la siguiente formula:

$$HSP = \frac{PotenciaFotovoltaica}{30días}$$

$$HSP = \frac{67,9kWh}{30} = 2,26 \frac{h}{dia}$$

Para el cálculo de la potencia necesaria por los paneles se realizó tomando en cuenta un factor de seguridad de 70% como se muestra a continuación:

$$PotenciaNecesaria = \frac{consumoDiario}{HPS * eficiencia}$$

$$PotenciaNecesaria = \frac{32,4Wh}{2,26h * 0,7} = 20,49W \approx 30W$$

Considerando que en el mercado están disponibles paneles de 20W y 30W, se optó por utilizar los de 30W a fin de evitar operar al límite de su capacidad. Con esta elección, se procedió a determinar la cantidad de paneles necesarios, calculando previamente la energía generada por cada uno de ellos mediante el siguiente procedimiento.

$$energiaUtil = 30W * 2.26h * 0,7 = 45,5Wh$$

Relación:

$$\frac{energiaUtil}{consumoDiario} = \frac{32,4Wh}{47,5Wh} = 0,68$$

Esta relación indica que un panel de 30W es suficiente para alimentar al router.

Para la selección de la batería y el controlador de carga fue necesario el cálculo de capacidad y carga como se muestra a continuación:

$$Capacidad(Ah) = \frac{consumoDiario}{V * profundidad \text{ útil}}$$

Donde:

Profundidad útil: porcentaje de descarga para evitar daños de la batería

V: voltaje

$$Capacidad(Ah) = \frac{32,4Wh}{12V * 0,8} = 3,38Ah \approx 4Ah$$

Corriente del controlador de carga

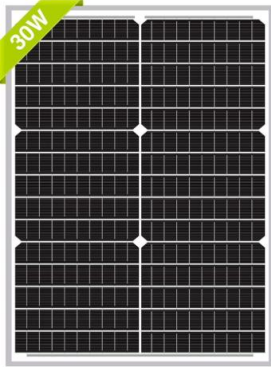
$$I = \frac{PotenciaNecesaria}{voltaje}$$

$$I = \frac{30W}{12V} = 2,5A \approx 3A$$

Una vez obtenido las especificaciones técnicas se seleccionó los componentes que se muestran a continuación.

En la Tabla 14 se presentan las especificaciones técnicas del panel solar de 30W elegido para el sistema fotovoltaico de pequeña escala, ya que cumple adecuadamente con los requerimientos del proyecto. Este panel está fabricado con materiales duraderos como el aluminio y el vidrio templado, lo que asegura su resistencia en ambientes exteriores. Además, incorpora conectores MC3 y MC4, los cuales facilitan una conexión rápida y segura.


Tabla 14: Especificaciones técnicas de panel solar.

Panel solar	
Característica	
Marca	Newpowa
Potencia nominal	30W
Voltaje nominal	12V

Material	Aluminio, vidrio templado, EVA
Dimensiones (pulgadas)	19.29" x 14.37" x 1.1"
Eficiencia	Alta eficiencia
Tipo de conector	MC3 o MC4

La Tabla 15 presenta un controlador MPPT de 10A a 12V, seleccionado por su compatibilidad con los requerimientos del sistema diseñado y su capacidad para optimizar la energía producida por el panel solar. Este dispositivo incluye diversas protecciones electrónicas integradas, como protección contra cortocircuitos, sobrecargas, inversión de polaridad y circuitos abiertos, lo que garantiza un funcionamiento seguro y confiable.


Tabla 15: Especificaciones técnicas de controlador MPPT.

Controlador MPPT	
Característica	
Voltaje clasificado	12V / 24V automático
Corriente nominal	10A
Salida USB	5V / 3A
Pantalla	LCD, configuración con una tecla
Protecciones integradas	Cortocircuito, sobrecarga, polaridad inversa, circuito abierto

Temperatura de operación	-35 °C a 60 °C
Funciones adicionales	Temporizador, sensor de luz
Indicación	Pantalla con funciones de monitoreo

La tabla 16 muestra las especificaciones técnicas de una batería Ultracell de 12V y 4Ah como sistema de almacenamiento el cual se usará cuando el panel solar no pueda proporcionar energía al sistema.

Tabla 16: Especificaciones técnicas de batería.

Batería Ultracell	
Especificaciones	
Voltaje	12 V
Capacidad	4 Ah
Energía total	48 Wh (12V × 4Ah)
Uso recomendado	Sistemas solares pequeños

4.4 Puesta a tierra

Para el sistema de blancos móviles es necesario una puesta a tierra para la protección a las personas de descargas eléctricas, protección a los equipos como el LOGO, motores y sensores de sobrevoltajes o fallas eléctricas. Esto permite garantizar el buen funcionamiento del sistema y disipa cargas estáticas y sobretensiones.

Para ello es necesario calcular el número de varillas, seleccionar el cable para conectar a tierra y seleccionar el electrodo de la puesta a tierra.

Como primer paso se seleccionó una varilla de 5/8" de diámetro y 1,80 m de largo, fabricada en acero cobreado, ya que constituye un estándar mundial en sistemas de puesta a tierra. Esta elección se debe a que ofrece un buen equilibrio entre conductividad eléctrica, resistencia mecánica y durabilidad frente a la corrosión.

Para calcular la puesta a tierra se debe tener como objetivo lograr una resistencia menor a 25 Ω , para ello utilizaremos la siguiente formula:

$$R_t = \frac{\rho}{2\pi L} * \left(\ln \left(\frac{4L}{d} \right) - 1 \right)$$

Donde:

- ρ =Resistividad estimada del terreno 100 Ωm
- L=Longitud de la varilla 1,80 m
- D=Diámetro de la varilla 0,016m (5/8)

$$R_t = \frac{100\Omega\text{m}}{2\pi * 1,8} * \left(\ln \left(\frac{4 * 1,8}{0,016} \right) - 1 \right)$$
$$R_t = 21,6 \Omega$$

Debido a que la resistencia menor a 25 Ω no se debe añadir barras adicionales para dividir la resistencia de la siguiente manera:

Como se observa, la resistencia baja a 21,6 Ω al utilizar cinco varillas, lo cual indica que el sistema de puesta a tierra cumple con los requisitos normativos para una instalación segura y

eficiente. Este valor garantiza una disipación adecuada de corrientes de falla y transitorios eléctricos, protegiendo tanto a las personas como a los equipos electrónicos sensibles, como el PLC, motores y electroválvulas. Además, al mantenerse por debajo del umbral recomendado de 10Ω , se asegura una correcta operación de los dispositivos de protección diferencial y se minimiza el riesgo de tensiones peligrosas en las carcasas metálicas de la instalación.

4.5 Programación del programador lógico

La programación del LOGO se desarrolló a partir de un diagrama de flujo que define la secuencia lógica del sistema. El proceso se inicia mediante la activación del botón Start, que habilita el funcionamiento general. A partir de este punto, el usuario dispone de cuatro opciones, cada una representada por un botón específico que da inicio a una secuencia determinada.

Una vez detectada la opción seleccionada por el usuario, el sistema ejecuta la secuencia correspondiente, activando las electroválvulas asociadas a dicha función. Cada activación se acompaña de un tiempo de espera programado, el cual permite al soldador realizar el disparo correspondiente.

El proceso se repetirá de forma cíclica mientras no se presione alguno de los botones de Stop o el Paro de emergencia. En caso de que cualquiera de estos sea accionado, el sistema se detendrá inmediatamente, quedando en espera hasta que el usuario seleccione nuevamente una secuencia para reiniciar el ciclo.

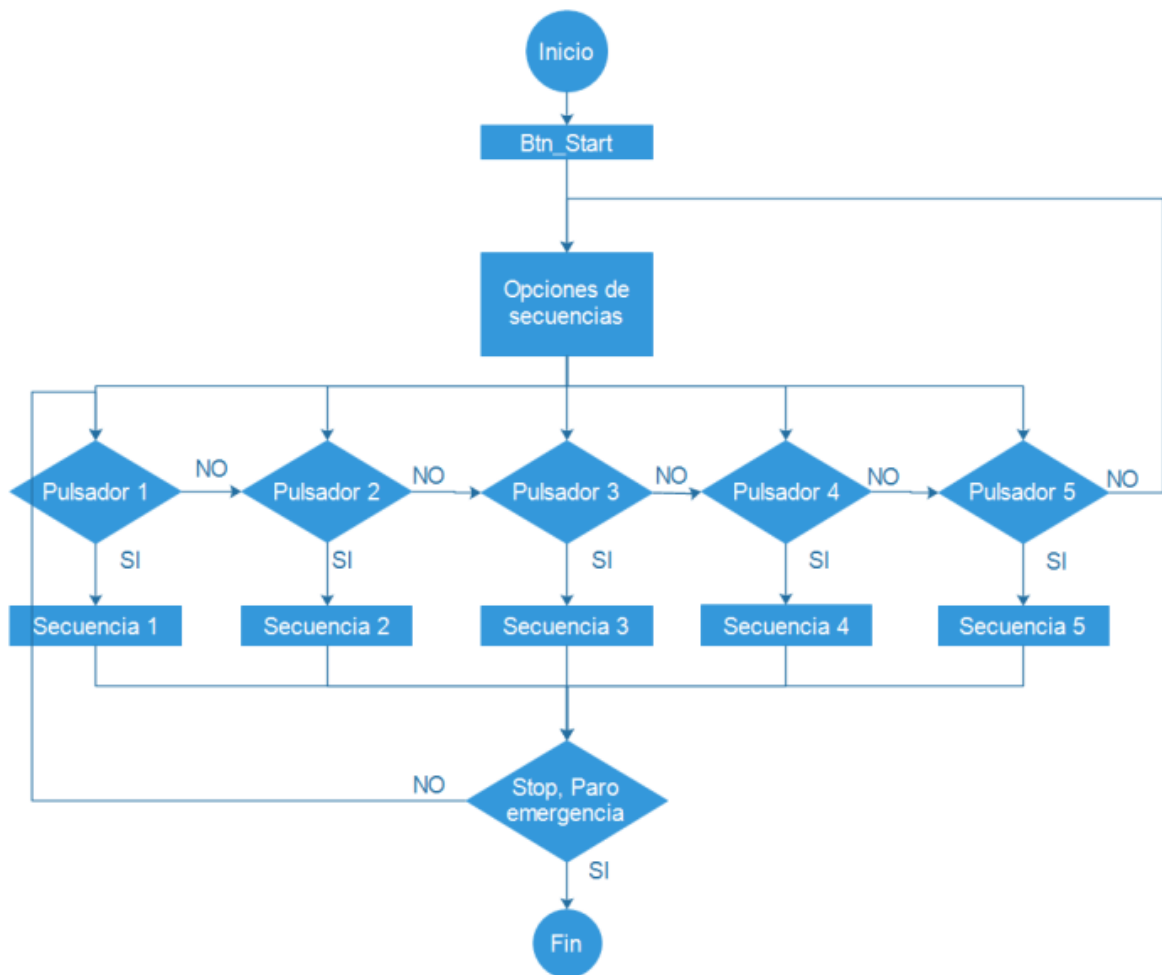


Figura 16: Diagrama de flujo

4.6 Programación de APK

Debido a que muchas plataformas utilizadas para desarrollar interfaces gráficas presentan restricciones en cuanto al número y tipo de elementos disponibles —como botones, deslizadores, interruptores e indicadores— y además requieren pagos mensuales para acceder a funciones avanzadas, se consideró una alternativa más flexible: crear una aplicación personalizada con Unity 3D.

Esta herramienta, combinada con Visual Studio y bibliotecas como Sharp7, permite construir una interfaz gráfica adaptable y robusta, que posibilita la comunicación directa entre un dispositivo móvil y el controlador Siemens LOGO 8.3, sin necesidad de adquirir licencias comerciales adicionales.

El desarrollo comenzó con el diseño de un menú principal, ilustrado en la figura 17, el cual incluye tres botones: Empezar, Opciones y Salir. Al seleccionar Empezar, se activa todo el sistema. El botón Opciones despliega un submenú que permite al usuario elegir entre blancos abatibles o blancos móviles. Según la elección, se muestra un tercer menú: si se elige blancos abatibles, se ofrecen cinco tipos de secuencias distintas; si se opta por blancos móviles, el usuario puede seleccionar entre desplazamiento horizontal o vertical.



Figura 17: Menú de opciones de App Móvil.

Esta interfaz se realizó con ayuda de las opciones que presenta los botones creados como Button-TextMeshPro, en la figura 18 se presentan las configuraciones que permite realizar unity desde inspector, entre ellas están, posición, ancho, alto, transparencia, imagen, colores y función al dar un click.

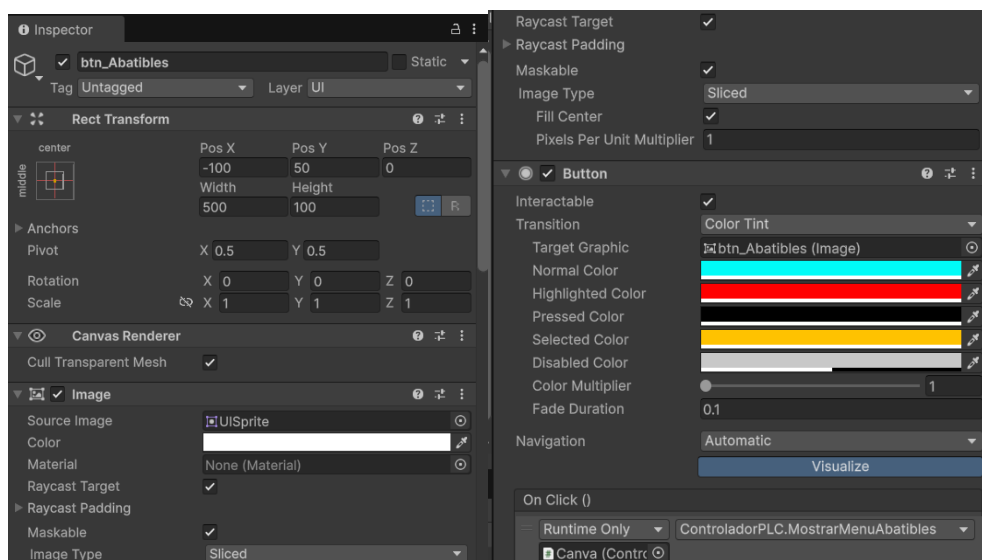


Figura 18: Ventana de inspector de opciones de botón.

La programación de la interfaz se realizó en Visual Studio, dentro del entorno de Unity, y haciendo uso de la librería Sharp7, que permite la comunicación con LOGO 8.3 Siemens mediante el protocolo S7. A continuación, se detallan los bloques más importantes del código que permiten establecer la conexión con el PLC y ejecutar acciones mediante botones.

```
using Sharp7;
```

```
using UnityEngine;
```

```
using UnityEngine.SceneManagement;
```

```
using UnityEngine.UI;
```

```
using System.Collections;
```

Estas directivas permiten acceder a funciones clave:

- `using Sharp7;` habilita el uso de la librería Sharp7 para comunicarse con el PLC Siemens.
- `using UnityEngine, SceneManager` y `UI` son necesarias para manejar la lógica del juego, la interfaz gráfica y las escenas dentro de Unity.
- `using System.Collections;` permite usar rutinas de ejecución en paralelo como corrutinas, útiles para tareas como temporizadores o animaciones.

luego la conexión al LOGO de la siguiente manera:

```
private string plcIp = "192.168.1.115";//"192.168.0.130";
```

```
private int rack = 0;
```

```
private int slot = 1;
```

```
client = new S7Client();
```

```
int result = client.ConnectTo(plcIp, rack, slot);
```

Se puede ver que se crean algunas variables y funciones que se utiliza de la siguiente manera:

- `plcIp` almacena la dirección IP del PLC en la red local.
- `rack` y `slot` son parámetros típicos para PLCs Siemens.

- client es una instancia de S7Client, el objeto que gestiona la conexión.
- ConnectTo(...) intenta establecer comunicación con el LOGO

Finalmente la acción del botón, que a continuación se mostrara un ejemplo para lectura y escritura de una marca.

```
public void EncenderMarcaM01() // Encender movil vertical
{
    int read = client.MBRead(0, 1, buffer);
    if (read == 0)
    {
        S7.SetBitAt(ref buffer, 0, 0, true); // M0.0
        int write = client.MBWrite(0, 1, buffer);
        if (write != 0)
            Debug.LogError("Error al escribir M0.1: " + client.ErrorText(write));
    }
}
```

Esta función se ejecuta al presionar un botón y realiza lo siguiente:

- MBRead(0, 1, buffer) lee 1 byte desde la dirección de memoria Merker M0.0 del LOGO y guarda los datos en el arreglo buffer.
- Si la lectura (read) fue exitosa, se modifica el primer bit (M0.0) del buffer con SetBitAt(...), estableciéndolo en true, es decir, activado.
- Luego, MBWrite(0, 1, buffer) escribe de nuevo el byte modificado en el LOGO, aplicando el cambio en la marca.
- Si ocurre un error en la escritura, se muestra en la consola de Unity un mensaje de error con la descripción correspondiente gracias a client.ErrorText(write).

Al seleccionar cualquier opción de blanco móvil la aplicación iniciara la segunda escena en la cual se desarrolló un entorno similar al campo de entrenamiento de la Brigada Patria N°9, los avatares representaran los blancos móviles como se observa en la figura 19. que se deslizaran de acuerdo al tipo de movimiento seleccionado



Figura 19: Interfaz de animación de campo de entrenamiento.

Esto fue posible gracias a que Unity permite la creación de objetos tipo Terreno, como se observa en la figura 20. Esta funcionalidad brinda la posibilidad de personalizar el entorno utilizando herramientas similares a pinceles, que permiten esculpir formas irregulares o montañosas directamente sobre el terreno y aprovechando las opciones disponibles en la ventana del inspector.

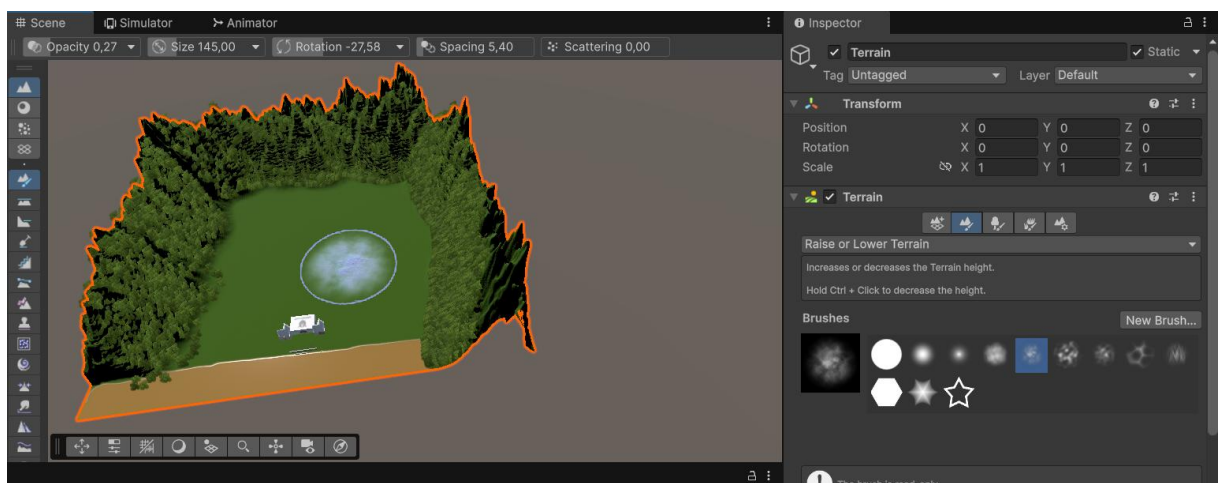


Figura 20: Desarrollo de terreno en Unity.

Después de generar el terreno, se aplicaron texturas como la de césped, tal como se muestra en la figura 21. A través del panel "Inspector" de Unity, también se utilizaron herramientas de pincel para colocar árboles de manera agrupada en zonas específicas del entorno. Para esta aplicación, se recreó un escenario que simula el entorno característico del campo de entrenamiento de la Brigada Patria N.º 9.

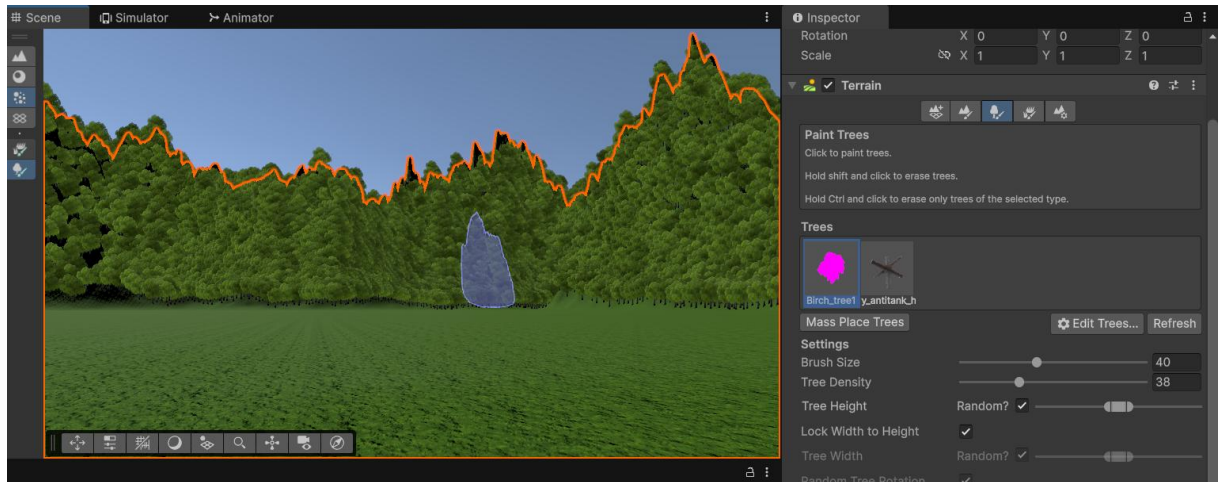


Figura 21: Ventana de diseño de textura para terreno en Unity.

A continuación, se crearon los objetos que se presentan la figura 22 para lo cual se descargó de la misma biblioteca de unity varios grupos de objetos, se seleccionó el deseado y se añadió la textura como imágenes y logos de las fuerzas armadas con el objetivo de darle un estilo militar, con las opciones del inspector de Unity se logra escalar el objeto, darle una ubicación y seleccionar la forma deseada del objeto.

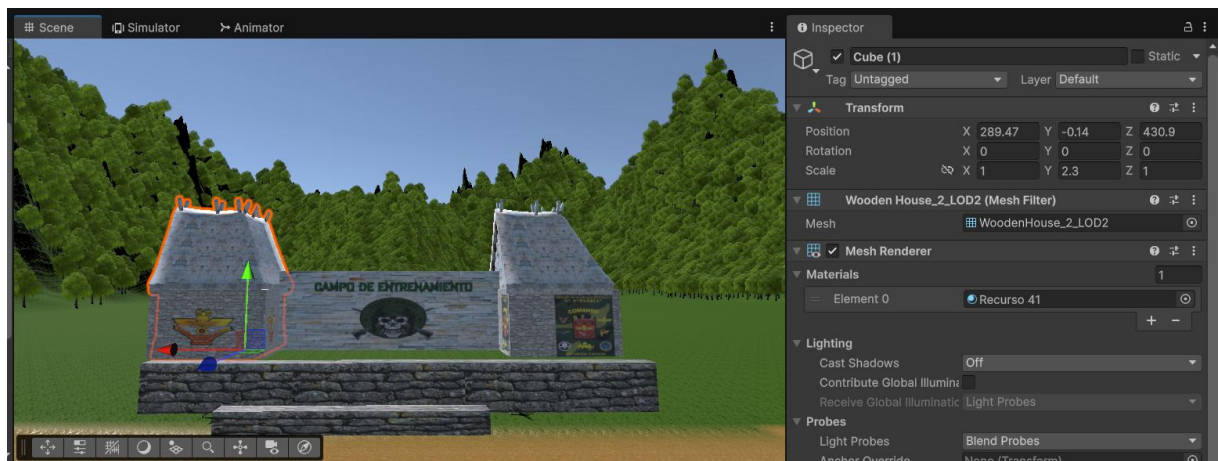


Figura 22: Ventana de inspector de objetos.

La creación de los avatares, que se muestran en la figura 23, se realizó mediante la plataforma Mixamo, la cual ofrece una amplia variedad de modelos y animaciones personalizables según las preferencias del usuario. Una vez seleccionado el modelo deseado, se procede a descargar y añadir a la carpeta del proyecto dentro de Unity, integrándolo fácilmente al entorno de desarrollo.

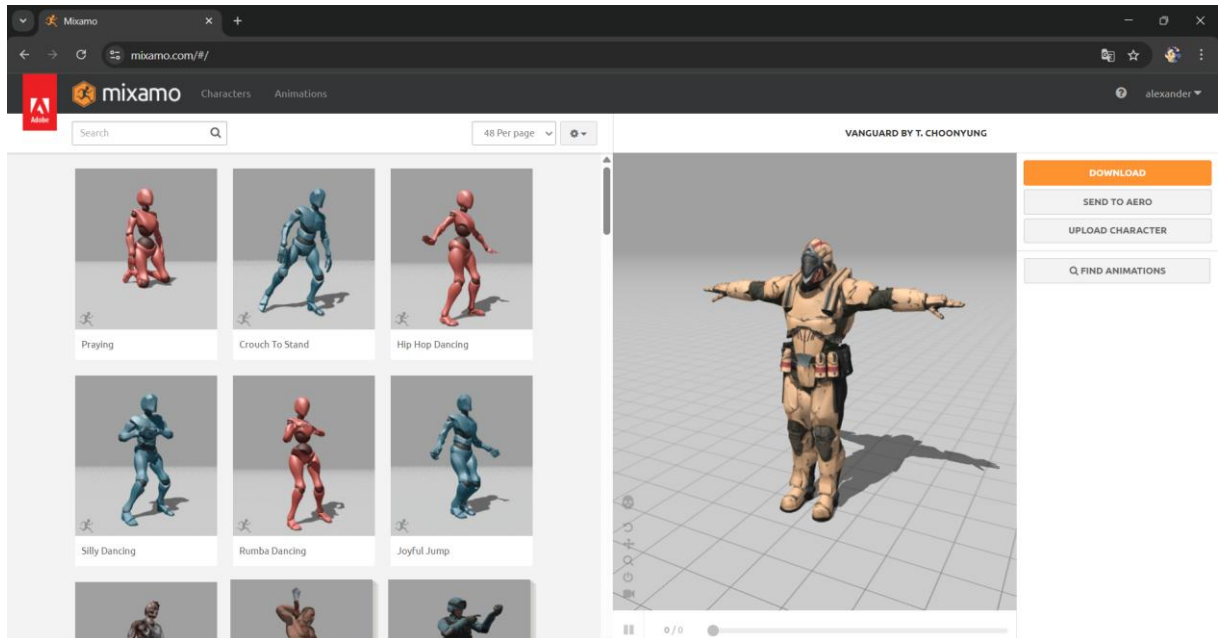


Figura 23: Interfaz de página Mixamo.

Una vez descargado, se crea un objeto y desde las opciones del inspector se procede a cargar el avatar y posición descargado, además se puede cargar un script para poder realizar cualquier tipo de animación e ingresar parámetros según la programación realizada como se muestra en la figura 24.

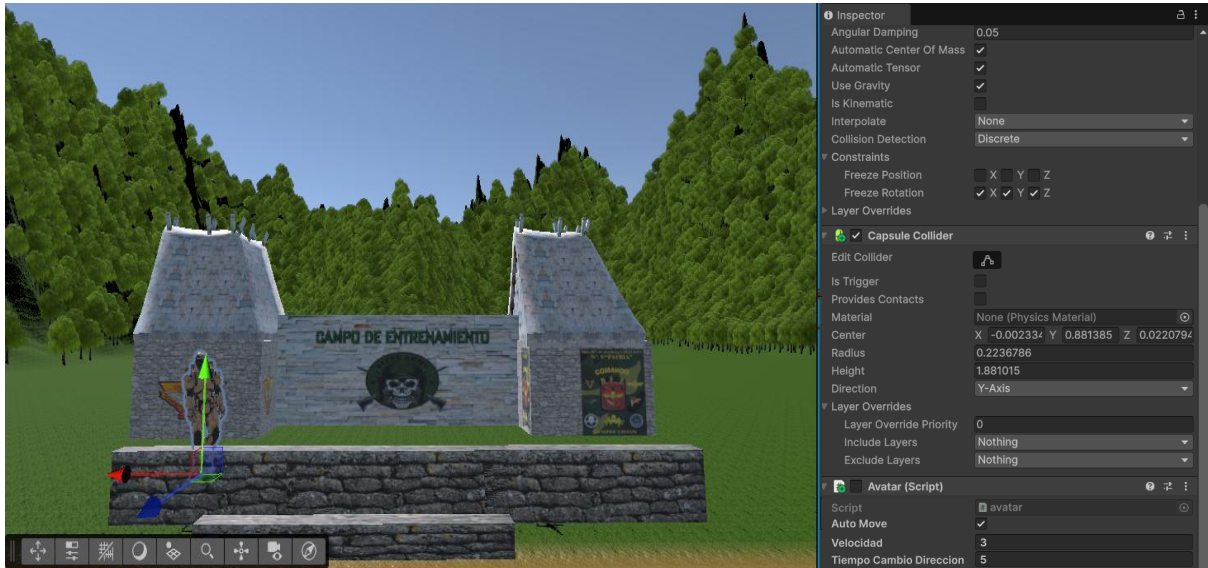


Figura 24: Ventana de inspector de avatares

Para el control de las secuencias de los avatares en la escena de Unity, se ha implementado un script en Visual studio que permite visualizar y ocultar los avatares según la opción de secuencia escogida en el menú. A continuación, se detalla el código utilizado y su funcionamiento:

```
public GameObject[] avataresLength;
```

- avatares: es un arreglo de objetos tipo GameObject que representa a los avatares que se desplazarán en la escena.

A continuación, se presenta los códigos más importantes para la visualización de los avatares. Como se observa en el siguiente código primero se debe verificar que la variable *i* se encuentre dentro del rango del vector *avataresLengh* para luego con la función *DebugLog()* imprimir un mensaje en la consola para confirmar el avatar que se va a mostrar y finalmente con la función *SetActive(True)* se muestra el avatar correspondiente a la variable *i*.

```
// Activar par
if (i < avatares.Length)
{
    Debug.Log("Activando: " + avatares[i].name);
    avatares[i].SetActive(true);
}
```

La secuencia permite que el avatar se muestre por un segundo y luego se oculte por lo cual se añadió una función WaitFor Second como se muestra a continuación.

```
// Esperar
```

```
yield return new WaitForSeconds(1f);
```

Finalmente, el script al terminar la espera vuelve a ocultar el avatar con SetActive(false) y se vuelve a repetir el bucle variando la variable i.

```
// Desactivar par
```

```
if (i < avatares.Length) avatares[i].SetActive(false);
```

Una vez finalizada la creación de todas las escenas, objetos y botones que serán controlados por el usuario, se procedió a realizar la simulación del sistema. Esta etapa permite identificar posibles errores en la lógica del programa y verificar la correcta comunicación con el controlador LOGO!. Tras confirmar que todo funciona adecuadamente, se continúa con la generación del archivo APK, el cual posibilita la instalación de la aplicación en el sistema operativo previsto. En la figura 25 se observa que se seleccionó Android como plataforma de destino. Desde este entorno, es posible definir la resolución y los escenarios que se incluirán en la compilación; en este caso, se eligieron tanto el menú de opciones como el campo de tiro. Finalmente, se hace clic en “Build” y se espera a que se genere el archivo APK, el cual debe transferirse e instalarse en el dispositivo móvil correspondiente.

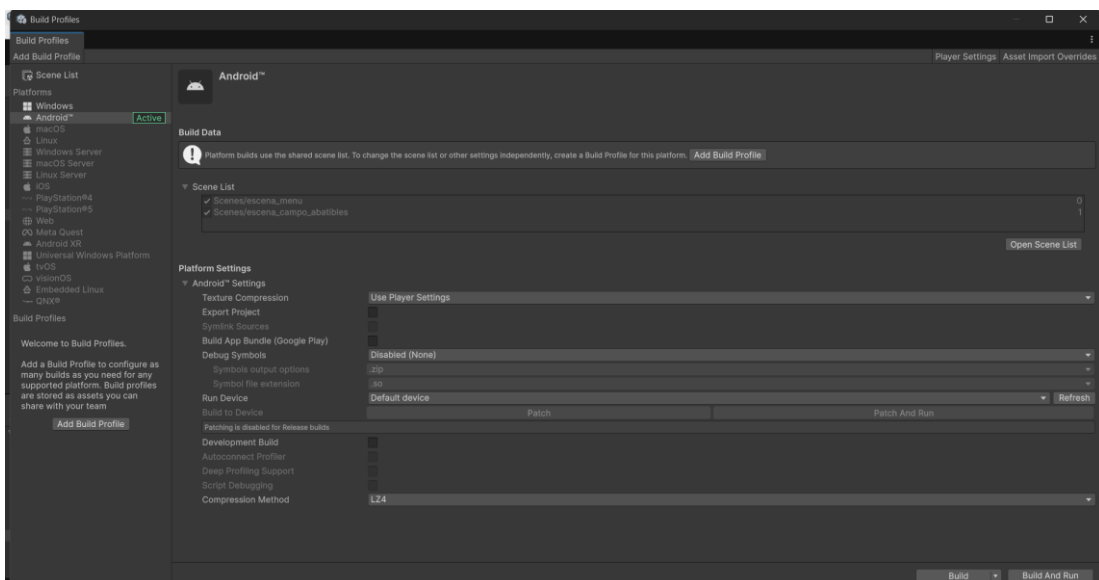


Figura 25: Ventana de desarrollo de Apk

4.7 Implementación en tablero de laboratorio

Se realizó un sistema de prototipo con el objetivo de probar la funcionalidad antes de una futura repotenciación que decida hacer la Brigada Patria N°9 de su campo de tiro, en la figura 26. Se muestra el tablero de practica y sus debidas conexiones de todos los elementos eléctricos, de control y del sistema neumático como: el disyuntor, el controlador lógico LOGO, pulsadores, luces piloto, router, cilindros neumáticos, electroválvulas, etc.

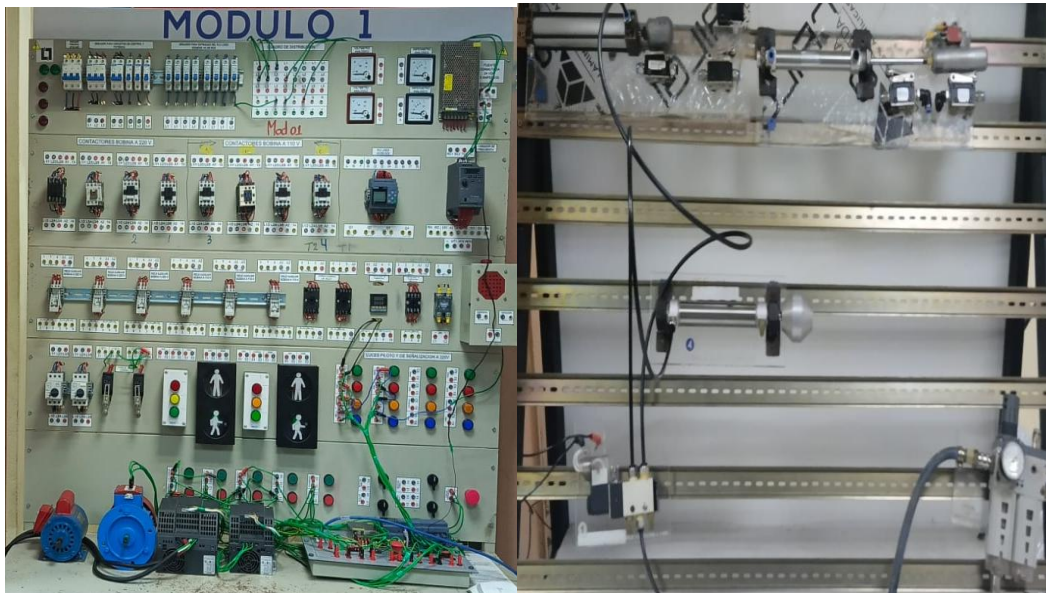


Figura 26: Implementación del sistema en un tablero de práctica.

Esta implementación permitió verificar de manera práctica la operatividad del sistema antes de su posible traslado al campo real. La interacción entre los componentes eléctricos, el controlador lógico programable LOGO 12/24RC y los elementos neumáticos fue validada correctamente, demostrando la secuencia esperada en cada uno de los modos de operación. Gracias a esta fase de pruebas en condiciones controladas de laboratorio, fue posible depurar errores de programación, evaluar la respuesta de las electroválvulas ante las señales de control, y confirmar la adecuada presión de trabajo en los cilindros. De este modo, se sienta una base sólida para una futura implementación del sistema en la Brigada Patria N.º 9.

5. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan los principales resultados derivados del diseño propuesto del sistema. Si bien el presente trabajo no contempla la implementación física del prototipo, se

realiza un análisis teórico y funcional de los componentes seleccionados, así como una simulación de su comportamiento esperado. Además, se incluye una estimación económica del sistema completo, considerando los costos de adquisición de los componentes y materiales. Este análisis permite proyectar la viabilidad técnica y financiera del prototipo, así como su posible rentabilidad en un contexto de aplicación real.

5.1 Simulación en GrabCad mediante diagrama de Grafset

La Figura 27 muestra la simulación del proceso, la cual permite visualizar el funcionamiento del sistema de manera interactiva. Esta simulación incluye botones que emulan los pulsadores físicos, facilitando así una representación clara y precisa de la secuencia de operación prevista en el diseño, esta detalla claramente como el proceso debe iniciar con el botón start para que el sistema espere una señal de la secuencia que el usuario desee para definir el orden en el que ira manipulando las electroválvulas para mostrar los blancos abatibles, mientras la secuencia esta en proceso el sistema espera una señal de stop o paro de emergencia lo cual detendrá todo el sistema, en caso de haber presionado el stop el sistema esperara a que el usuario presione el botón play para continuar con la secuencia y en caso de que se haya presionado el paro de emergencia el sistema deberá iniciarse desde el principio.

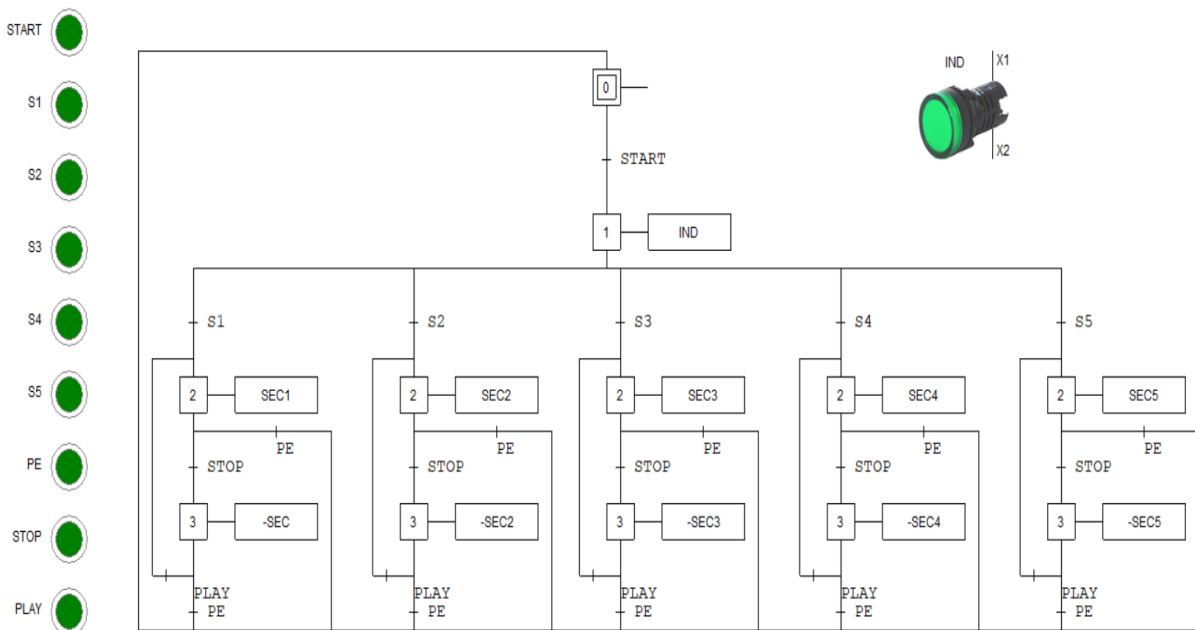


Figura 27: Simulación en GrabCad mediante diagrama de Grafset

5.2 Evaluación económica

La tabla 17, muestra los gastos en los componentes seleccionados que debe adquirir la Brigada Patria N°9 para una futura repotenciación del sistema del campo de entrenamiento de los blancos móviles.

Tabla 17: Descripción de gastos directos

Análisis económico			
Componentes	Cantidad	Valor	Total
Componentes compartibles			
Controlador lógico	1	716	200
Variador de frecuencia	2	270	540
Router TP-Link	1	20	20
Selección de fuente	1	16,62	16,62
Indicador	8	3,5	28
Pulsador	4	3	12
Paro de emergencia	1	5	5
Bateria Ultracell	1	40	40
Controlador MPPT	1	20	20
Panel solar	1	90	90
Final de carrera	4	14	56

Selección de electroválvulas	2	28	56
cilindro neumático	8	40	320
Expansor Logo 8 12/24V 8 Entradas digitales			180,75
Cable AWG FLEX 4x12			252,72
Cable AWG FLEX 4x16			230,10
VNTC 235110 Control UL 12x14 AWG FLEX			750,40
Cable AWG 18			45
Switch de tablero Rojo o verde			7,5
Terminal tipo ojo Amarillo VF 5.5-6 1/4"			4,5
Terminal tipo azul VF 2-6 1/4"			4,25
Interruptor o Paro de Emergencia			5,15
Breaker riel din 3P 50A			30,75
Mano de obra	1	500	500
TOTAL			3930,74

La tabla 18, muestra los costos de los imprevistos que se deberán tomar en cuenta en cuanto a transporte y viáticos.

Tabla 18: Gastos indirectos

Gastos en componentes electrónicos			
Material	Cantidad	Costo/unidad	Costo total
Transporte	2 personas	\$10.00	\$20.00
Imprevistos	1	\$20.00	\$20.00
Viáticos	2 personas	\$50.00	\$100.00
Total			\$140.00

La tabla 19, muestra el gasto total de la repotenciación del sistema de blancos móviles, donde se suma los gastos directos e indirectos generando un total de \$3930,74

Tabla 19: Gasto total de repotenciación de blancos móviles

Gasto total	
Gastos	Valor
Gastos directos	\$3930,74
Gastos indirectos	\$140,00
Total	4070,74

En promedio un campo de tiro tiene una planificación de al menos un gasto de \$250 000,00 USD mientras que el diseño del sistema de blancos móviles tiene un presupuesto de \$4070,74; el ahorro es de \$245,929,26 USD como se muestra en la ecuación 5.1 lo cual resulta muy rentable el desarrollo del sistema de blancos móviles en la Brigada Patria N°9.

$$\text{Ahorro} = \text{Gasto promedio} - \text{Gasto total} \quad (5.1)$$

$$\text{Ahorro} = \$250\,000,00 \text{ USD} - \$4070,74 \text{ USD} = \$245\,929,26 \text{ USD}$$

El ahorro en porcentaje representa el 93% calculado con la ecuación 5.2, resulta ser una diferencia significativa de costos entre la planificación del diseño de blancos móviles y la implementación promedio de un nuevo diseño de campo de tiro.

$$\text{ahorro}\% = \frac{4070,74 \cdot 100}{248\,456,38} \% \quad (5.2)$$

$$\text{ahorro}\% = 93\%$$

Para determinar la viabilidad y rentabilidad del prototipo, se realizó un análisis económico utilizando los indicadores financieros del Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Cabe destacar que la repotenciación propuesta no persigue fines de lucro; por ello, la evaluación de rentabilidad se basó en la capacidad del proyecto para generar beneficios económicos a través del ahorro, optimizando el uso de recursos y reduciendo costos operativos en comparación con sistemas convencionales.

El VAN se obtiene descontando los flujos de efectivo futuros a valor presente y restando la inversión inicial. Se usa la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum \frac{F_t}{(1+r)^t} - I_0 \quad (5.3)$$

Donde:

- F_t : Flujo de caja en el periodo t
- r: Tasa de descuento o tasa de interés
- t: Número de años
- I_0 = Inversión inicial

$$VAN = \sum \frac{9600}{(1+10\%)^1} - 4070,74 \quad (5.3)$$

La inversión inicial contempló todos los costos relacionados con la adquisición de materiales, componentes electrónicos y mecánicos, así como los gastos asociados al desarrollo y simulación del prototipo. Esta inversión fue estimada en un total de \$4070,74. Para evaluar la rentabilidad del proyecto, se consideró un tiempo de análisis de un año. Dado que se trata de una propuesta sin fines comerciales, se adoptó una tasa de descuento moderada del 10 %. El flujo de caja anual se estimó con base en el ahorro que implicaría no contratar servicios externos de entrenamiento. Anteriormente, capacitar a un pelotón de 10 soldados fuera de la institución representaba un gasto de aproximadamente \$200 diarios y tomando en cuenta que suelen realizar su entrenamiento 2 días a la semana anualmente tienen un gasto de \$9600; con la repotenciación del sistema, este monto se transforma en un ahorro directo proyectado como ingreso anual en el análisis financiero.

En cuanto al cálculo de la TIR, se sabe que busca la tasa de interés que hace que el VAN sea cero con ayuda de la fórmula 5.4, este dato se calcula mediante prueba y error, se utilizó Excel que permite el cálculo Directo.

$$0 = \sum \frac{F_t}{(1+TIR)^t} - I_0 \quad (5.4)$$

Donde:

- F_t : Flujo de caja en el período t
- TIR: Tasa de descuento o tasa de interés
- t: Número de años
- I_0 = Inversión inicial

$$0 = \sum \frac{500,00}{(1+TIR)^5} - 4070,74 \quad (5.4)$$

Como resultado se obtuvo un VAN de \$4656,63 que al ser mayor a 0, se concluye que el proyecto es viable ya que generará ahorros económicos a la Brigada Patria N°9, mientras que la TIR o tasa de interés que genera un VAN de cero resulta ser de 135,83%, lo cual al ser mayor que el 10% permite concluir que el proyecto es rentable, además también se puede apreciar que son valores muy altos pero justificables ya que el proyecto no se realizara desde cero debido a

que anteriormente se realizó ya el campo de entrenamiento y actualmente lo que se plantea es una repotenciación conservando toda la parte mecánica dando así un gran ahorro para la institución.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Analizamos el sistema eléctrico actual en la Brigada Patria N°9 de blancos abatibles en el campo de entrenamiento a través del diagnóstico realizado en una inspección se evidenció que el sistema eléctrico de los blancos estaba completamente fuera de operación, ya que el tablero de control había sido retirado en su totalidad por lo tanto no existe un sistema eléctrico.
- Diseñamos un nuevo sistema automatizado que integra control eléctrico y lógico para realizar una instalación de un Siemens LOGO! 12/24 RCE, la incorporación de electroválvulas de 110 VAC para accionar los cilindros neumáticos, y la construcción de una interfaz de operación tanto física como virtual. La solución permite ejecutar secuencias programadas de blancos, combinando control manual y digital de forma efectiva y segura.
- El análisis económico demuestra que la solución desarrollada representa una alternativa eficiente frente a sistemas comerciales, con una inversión estimada de \$3930,74. Esta propuesta, diseñada a la medida, cumple con las exigencias del campo de entrenamiento y representa una opción rentable para su uso institucional, destacándose por su bajo costo y facilidad de mantenimiento.

Recomendaciones

- Ante la ausencia total del sistema eléctrico original evidenciada durante la inspección, se recomienda mantener un registro fotográfico y técnico del estado actual del sistema instalado, como respaldo para futuras intervenciones o mantenimientos.
- Dado que se diseñó un nuevo sistema automatizado basado en el Siemens LOGO! 12/24 RCE y electroválvulas de 110 VAC, se sugiere establecer un protocolo de pruebas periódicas del funcionamiento de las secuencias automatizadas en caso de una futura

implementación, así como validar regularmente el tiempo de respuesta de los actuadores neumáticos para garantizar la confiabilidad del sistema.

- Considerando que la solución desarrollada demostró ser económicamente viable con una inversión de \$3930,74, se recomienda replicar este modelo de automatización en otros campos de entrenamiento que requieran sistemas similares, aprovechando su bajo costo, facilidad de mantenimiento y adaptación a la infraestructura existente.

Bibliografía

- [1] L. Esteban, *Uso de simulaciones de combate para apoyar el desarrollo de capacidades operativas*, Bogota, 2020.
- [2] T. Álvaro, «Repotenciación de un sistema de entrenamiento militar enfocado a polígonos de tiro mediante realidad virtual,» 19 Marzo 2019. [En línea].
- [3] L. Estefani, «Repositorio Universidad Técnica de Ambato "Sistema de entrenamiento de tiro de precisión mediante realidad aumentada para el Club Deportivo Especializado Formativo Polygono",» enero 2020. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/8507a98b-2b24-4a7c-a6a1-485cdf80192d/content>.
- [4] J. Chiefs, *Military and Associated Terms*, Estados Unidos, 2017.
- [5] P. Alvaro, «Repositorio Universidad de Zaragoza,» septiembre 2015. [En línea]. Available: <https://zaguan.unizar.es/record/94959/files/TAZ-TFG-2015-2790.pdf>.
- [6] A. Viklund, *Electrónica Pascual*, Madrid, España: WordPress, 2008.
- [7] N. C., «Ejército y sistemas de blancos para entrenar,» *ECD Confidencial Digital*, 2014.
- [8] D. d. c. d. ejército, «Ejército de tierra y valores,» 16 diciembre 2016. [En línea]. Available: https://ejercito.defensa.gob.es/actualidad/2015/12/4768-nuevos_blanco_abatibles.html.
- [9] M. S. Mungmai, «Repository University of Thailand,» noviembre 2000. [En línea]. Available: <https://repository.au.edu/server/api/core/bitstreams/7558183a-4a0d-4463-9b9f-68b3f357c760/content>.

- [10] Z. & Vizcaya, *Sistemas de seguridad y galerías de tiro*, Alcobendas, Madrid: tradesegur <https://www.tradesegur.com/pdf/WP/GT.pdf>, 2018.
- [11] M. C., «Investigacion y desarrollo,» *Electrónica de Pascual*, 2000. [En línea]. Available: <http://www.electronicapascual.com/id/blancos/blancos.htm#contacto>.
- [12] P. David, *Reparación y repotenciación mediante ingeniería*, Madrid, España: Innovación Tecnológica, 2020.
- [13] B. Francisco, «Energia Electrica y posibles escenarios,» 6 mayo 2019. [En línea]. Available: https://www.google.com.ec/books/edition/Sistema_energ%C3%A9tico_espa%C3%B1ol_Coste_de_la/F4mXDwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0.
- [14] M. M., *Fundamento de ingeniería en mantenimiento*, España, Universidad Politécnica de Valencia: Hoshin segunda edición, 2014.
- [15] R. N., «Diseño y programación de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos e instalaciones de una Institución de Educación Superior,» 2020. [En línea]. Available: Repositorio Escuela Politécnica Nacional.
- [16] T. L., «Diseño de programas de mantenimiento de equipos,» 2021. [En línea]. Available: Repositorio Universidad Católica de Manizales.
- [17] I. E. Hadjes, «Simbiotecs,» 25 julio 2024. [En línea]. Available: <https://simbiotecs.com/blog/estructura-del-mantenimiento/>.
- [18] C. A., 18 6 2021. [En línea]. Available: Análisis del plan de mantenimiento en los equipos y sistemas.

- [19] A. Misael, «Repositorio Universidad Nacional Autónoma de México,» 2011. [En línea].
Available: file:///C:/Users/mishe/Downloads/0674013_A1.pdf.
- [20] V. Ángel, «Repositorio Universidad Politécnica Salesiana,» Febrero 2021. [En línea].
Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19736/1/UPS%20-%20TTS234.pdf>.

ANEXOS

Anexo 1. Manual de usuario

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA DE BLANCOS MÓVILES Y ABATIBLES

1. Introducción

El presente manual está dirigido a los operadores, técnicos y supervisores que harán uso de la aplicación desarrollada en Unity 3D para la simulación e interacción con el sistema de blancos móviles y abatibles. Esta aplicación tiene como objetivo representar de forma gráfica e interactiva el comportamiento del sistema diseñado para prácticas de tiro en escenarios virtuales, permitiendo su validación lógica y operativa mediante simulación.

2. Objetivos

- Proporcionar una guía clara y detallada sobre el uso de la aplicación Unity para el control del sistema.
- Facilitar la comprensión de los distintos modos de funcionamiento disponibles.
- Documentar la estructura, navegación y lógica de operación de la interfaz desarrollada.
- Servir como referencia para los operadores una vez que el sistema físico esté implementado.

3. Información de seguridad

La aplicación fue diseñada para el control de un sistema físico que será implementado en el futuro, sin embargo, en su estado actual no interactúa con componentes reales, por lo que no representa riesgos físicos durante su operación.

Se recomienda lo siguiente para su uso responsable:

- Utilizar la aplicación en un entorno de pruebas controlado cuando se conecte a hardware real en fases futuras.

- Asegurarse de que el dispositivo esté correctamente conectado a la red local, especialmente en pruebas de comunicación con el PLC.
- Evitar cerrar la aplicación mientras se encuentra en medio de una secuencia activa.
- En futuras integraciones con el sistema físico, será obligatorio aplicar protocolos de seguridad adicionales antes de permitir el control en campo.

4. funcionamiento de aplicación móvil

Paso 1. Asegurarse que el sistema este encendido.

Paso 2. Encender el router.

Paso 3. Asegurarse que el dispositivo móvil se encuentre conectado en la red local.

Paso 4. Abrir la aplicación móvil.

Paso 5. Se abrirá la interfaz móvil la cual presentará 2 botones activos de encendido del sistema y salir de la aplicación además de un botón desactivado de opciones



Paso 6. Presionar empezar para energizar todo el sistema y activar el botón opciones.



Paso 7. Presionar opciones para desglosar un menú de opciones donde se visualizará si el usuario desea controlar el sistema de blancos móviles o abatibles.



Paso 8. Si el usuario presiona el botón abatible se desglosará un último menú el cual indicará todas las secuencias que puede elegir el usuario.



Paso 9. La interfaz cambiará a un entorno similar al campo de entrenamiento donde se podrá observar que el número y secuencia de los avatares cambia de acuerdo a la elección realizada por el usuario, también se mostrará un panel de control donde el usuario podrá activar el paro de emergencia.



Paso 10. En la parte inferior derecha se presenta un botón para regresar el cual cambiara de escena la animación volviendo al menú de secuencias



Paso 13. Presionar salir para desactivar todo el sistema.



Conclusiones

- La aplicación móvil desarrollada en Unity constituye una herramienta funcional y adaptable para el control de un sistema de blancos móviles y abatibles, cumpliendo con los objetivos planteados para su futura integración con un sistema físico real.
- A través de una interfaz intuitiva y estructurada por menús jerárquicos, se logra guiar al operador en la selección y activación de los diferentes modos de operación, ya sea mediante secuencias de blancos abatibles o movimientos horizontales/verticales de blancos móviles.

- La inclusión de controles como sliders de velocidad, botones de pausa y paro de emergencia proporciona un entorno realista y operativo que refleja el comportamiento previsto del sistema físico, lo cual facilita su validación lógica previa a la implementación real.
- El diseño de escenas específicas que simulan el entorno de un campo de entrenamiento contribuye a una experiencia visual clara y funcional, mejorando la comprensión del sistema por parte del operador.
- El manual de usuario facilita el aprendizaje y uso correcto de la aplicación, documentando paso a paso el flujo operativo y los elementos disponibles en cada sección de la interfaz, lo que permitirá una futura capacitación más eficiente cuando el sistema real entre en funcionamiento.

Recomendaciones

- Una vez que el sistema físico sea implementado, se recomienda realizar pruebas piloto que integren la aplicación Unity con el hardware real (PLC, sensores y actuadores), con el fin de verificar la sincronización y respuesta del sistema en condiciones reales.
- Es conveniente complementar este manual con un apartado adicional de "preguntas frecuentes" o "solución de problemas", una vez que se recopilen experiencias de uso práctico y posibles errores comunes.
- Se sugiere incluir en futuras versiones de la aplicación funcionalidades adicionales como registro de sesiones, estadísticas de uso, o autenticación de usuarios, con el fin de ampliar su aplicabilidad en escenarios de entrenamiento avanzado.
- Se recomienda establecer protocolos de seguridad física antes de autorizar la operación real del sistema, especialmente para las secuencias de movimiento de blancos, donde intervienen actuadores eléctricos o neumáticos.
- Finalmente, es aconsejable mantener una documentación técnica paralela sobre las conexiones entre la aplicación y el PLC, para facilitar el mantenimiento del sistema y permitir actualizaciones futuras sin comprometer su funcionalidad.

Anexo 2. Memoria técnica

MEMORIA TECNICA

Proyecto: Análisis del sistema de blancos abatibles en el campo de entrenamiento táctico de la Brigada de Fuerzas Especiales N°9 Patria.

Autores: Rodríguez Yupangui Dennis Paúl, Trávez Flores Michael Javier

Tutor: Ing. Ms.C Marco Aníbal León Segovia

Institución: Universidad Técnica de Cotopaxi

Carrera: Ingeniería en Electricidad

1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema automatizado de control para blancos abatibles que permita una operación eficiente, segura y secuencial, mediante el uso de actuadores neumáticos y lógica programada en un PLC Siemens LOGO 12/24 RCE.

2. ALCANCE

El sistema automatiza la activación de cinco blancos abatibles por medio de cilindros neumáticos controlados desde un PLC. Cada blanco responde a una señal de activación según la secuencia programada. Se contempla la alimentación eléctrica del sistema, la distribución de aire comprimido y el control lógico tanto desde un panel físico como desde una interfaz gráfica.

3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

- **Actuadores neumáticos:** 5 cilindros de doble efecto que impulsan el abatimiento de los blancos.
- **Electroválvulas:** Válvulas 5/2 doble bobina para el control del aire comprimido.
- **PLC Siemens LOGO! 12/24 RCE:** Controla las secuencias, pulsadores, luces piloto y electroválvulas.
- **Secuencia de blancos:** Activación progresiva de uno en uno, determinada por pulsador y control lógico.
- **Interfaz física y virtual:** Sistema controlado desde pulsadores físicos o desde una aplicación desarrollada en Unity.
- **Implementación inicial:** Montaje y prueba en tablero didáctico antes de la instalación en campo de tiro real.

4. CÁLCULOS PRINCIPALES

Parámetro	Valor estimado	Observación
Presión de operación del sistema	90 psi (6.2 bar)	Estándar para el funcionamiento de cilindros y válvulas
Carrera efectiva de cilindros	100 mm	Recorrido para abatimiento completo
Diámetro del cilindro	25 mm	Suficiente para generar el par necesario

Consumo de aire por ciclo (x5)	2.45 litros por activación completa	Total por los 5 cilindros en una secuencia
Alimentación eléctrica	12 V DC	Uniforme para PLC, electroválvulas y señalización

5. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE COMPONENTES

5.1 Controlador Lógico Programable (PLC)

Criterio	Siemens LOGO! 12/24RCE	Justificación
Alimentación	12/24 V DC	Compatible con sistema existente y fácil de implementar
Entradas digitales	8 (4 analógicas)	Suficientes para sensores, pulsadores y botones del sistema
Salidas digitales	4 relé	Adecuadas para control de actuadores
Comunicación	Ethernet, Web Modbus TCP	Server, Permite integración con variador y red remota
Dimensiones	90 x 71.5 x 60 mm	Compacto para instalación en caja de control
Pantalla	Sí	Permite monitoreo local

Precio estimado USD 716

Justificado por prestaciones técnicas y compatibilidad industrial

5.2 Electroválvulas

Componente	Especificación técnica	Justificación técnica
Electroválvula 5/2 doble bobina	Voltaje 24 V DC, presión de operación 0.15–0.8 MPa, conexión roscada 1/4", caudal \geq 200 L/min	Permite el control bidireccional del cilindro de doble efecto. Cada válvula se activa individualmente desde el PLC para ejecutar la secuencia.

5.3 Cilindros neumáticos

Componente	Especificación técnica	Justificación técnica
Cilindro neumático doble efecto	Diámetro 25 mm, carrera 100 mm, presión de trabajo 6 bar, montaje con brida posterior	Brindan fuerza suficiente para levantar y abatir los blancos. La carrera es adecuada para completar el movimiento requerido. Diseño robusto para uso frecuente.

5.4 Compresor de aire

Componente	Especificación técnica	Justificación técnica
Compresor eléctrico	Presión nominal 100–120 psi, caudal \geq 60 L/min, tanque \geq 10 litros, 120 V o 220 V AC	Proporciona el aire comprimido requerido para operar los 5 cilindros sin pérdida de presión. La reserva del tanque permite mantener ciclos continuos.

5.5 Router WiFi

Criterio	TP-Link WiFi 300 Mbps	Justificación
Velocidad inalámbrica	300 Mbps (2.4 GHz)	Suficiente para transmisión de control y monitoreo
Puertos Ethernet	4 LAN + 1 WAN	Permite conexión de múltiples dispositivos sin switch
Alimentación	9V / 0.6A	Bajo consumo, ideal para operación solar
Facilidad de configuración	Alta	Ideal para ambientes tácticos
Seguridad	WPA/WPA2	Suficiente para red cerrada de operación
Precio	Bajo	Relación costo/beneficio excelente

5.6 Fuente de Alimentación

Criterio	EVL TPS-2405	Justificación
Salida	24 V DC / 5 A	Compatible con variadores y PLC
Entrada	120–240 V AC con selector	Versátil para uso en distintas zonas
Protecciones	Sobrecorriente, sobretensión	Protección básica confiable
Indicadores LED	Sí	Verificación rápida de estado
Montaje	Superficie	Fácil instalación sin necesidad de riel DIN
Dimensiones	198 × 98 × 42 mm	Aceptables para espacio disponible

5.7 Componentes adicionales del sistema

Componente	Descripción técnica	Función principal
Pulsadores arranque	de Pulsador normalmente abierto, tipo seta o plástico industrial, 24 V DC	Iniciar sistema desde consola física
Pulsador secuencia	de Pulsador normalmente abierto, 24 V DC	Cambiar secuencia de blancos móviles
Paro de emergencia	Botón tipo hongo, enclavamiento mecánico, contacto NC	Detener todo el sistema en caso de emergencia
Disyuntor termomagnético	2P, 10–16 A, curva C, tensión 220 V AC	Protección general contra cortocircuito y sobrecarga
Borneras	Borneras DIN, 2.5 mm ² , con etiquetas	Conexión segura y organizada en el tablero
Cable N°12 AWG	Cobre, aislamiento PVC, color rojo/negro	Alimentación de potencia para motores y variadores
Canaleta plástica	25x40 mm o similar, con tapa	Canalización de cables en tablero y estructura
Etiquetas y marcadores	Etiquetado de cables y dispositivos	Facilita el mantenimiento y diagnóstico

6. CONCLUSIONES

- Esta memoria técnica documenta las especificaciones técnicas, cálculos y componentes necesarios para una futura implementación del sistema en la Brigada Patria N°9.
- El diseño propuesto permite la activación secuencial de blancos de manera controlada y segura, integrando actuadores neumáticos, electroválvulas y lógica programada en un PLC.

- Se ha validado el funcionamiento mediante simulación e implementación en un tablero de prácticas, lo cual permite replicar el sistema en el campo de tiro real con mínimas modificaciones.
- Los componentes seleccionados cumplen con los requisitos técnicos de robustez, compatibilidad y facilidad de mantenimiento.

7. RECOMENDACIONES

- Seguir los diagramas eléctricos y neumáticos propuestos para garantizar una correcta instalación del sistema.
- Verificar el caudal y presión de aire disponibles antes de operar el sistema para evitar fallas en los cilindros.
- Capacitar al personal operativo sobre el uso del sistema, incluyendo el manejo del panel físico y la interfaz gráfica.
- Considerar el uso de sensores inductivos o ópticos como alternativa a los finales de carrera para mayor durabilidad.

Anexo 3. Programación en visual studio.

```
using Sharp7;
```

```
using UnityEngine;
```

```
using UnityEngine.SceneManagement;
```

```
using UnityEngine.UI;
```

```
using System.Collections;
```

```
public class ControladorPLC : MonoBehaviour
```

```
{
```

```
    public Button botonFoco1;
```

```
    public Button botonFoco2;
```

```
    private S7Client client;
```

```
    private byte[] buffer = new byte[30];
```

```
    private string plcIp = "192.168.0.130";//"192.168.0.130";
```

```
    private int rack = 0;
```

```
    private int slot = 1;
```

```
    public GameObject btn_abatible;
```

```
    public GameObject btn_Movil;
```

```
    public GameObject btn_Regresar;
```

```
    public GameObject btn_opcion_1;
```

```
    public GameObject btn_opcion_2;
```

```
    public GameObject btn_Regresar_3;
```

```
    public GameObject btn_Opciones;
```

```
    void Start()
```

```

{
    client = new S7Client();

    int result = client.ConnectTo(plcIp, rack, slot);

    btn_abatible = GameObject.Find("btn_Abatibles");
    if (btn_abatible != null) btn_abatible.SetActive(false);

    btn_Regresar = GameObject.Find("btn_Regresar");
    if (btn_Regresar != null) btn_Regresar.SetActive(false);

    btn_Movil = GameObject.Find("btn_Movil");
    if (btn_Movil != null) btn_Movil.SetActive(false);

    btn_opcion_1 = GameObject.Find("btn_opcion_1");
    if (btn_opcion_1 != null) btn_opcion_1.SetActive(false);

    btn_opcion_2 = GameObject.Find("btn_opcion_2");
    if (btn_opcion_2 != null) btn_opcion_2.SetActive(false);

    btn_Opciones = GameObject.Find("Opciones");
    btn_Opciones.GetComponent<Button>().interactable = false;

    int read = client.MBRead(0, 1, buffer);

    S7.SetBitAt(ref buffer, 0, 4, false);

    int write = client.MBWrite(0, 1, buffer);

    Debug.Log("Conectado al m2");

    if (write != 0)
        Debug.LogError("Error al escribir M0.4: " + client.ErrorText(write));

    read = client.MBRead(0, 1, buffer);

```

```

S7.SetBitAt(ref buffer, 1, 1, false);

write = client.MBWrite(0, 1, buffer);

Debug.Log("Conectado al m2");

if (write != 0)

    Debug.LogError("Error al escribir M0.4: " + client.ErrorText(write));

ApagarnuevoMarcaM20();

read = client.MBRead(2, 1, buffer);

if (read == 0)

{

    S7.SetBitAt(ref buffer, 0, 4, false); // M0.0

    write = client.MBWrite(2, 1, buffer);

    if (write != 0)

        Debug.LogError("Error al escribir M0.1: " + client.ErrorText(write));

}

if (GameState.estado_regresar == 1)

{

    MostrarMenuOpciones();

    MostrarMenuAbatibles();

    read = client.MBRead(0, 1, buffer);

    if (read == 0)

    {

        S7.SetBitAt(ref buffer, 0, 1, false);

        write = client.MBWrite(0, 1, buffer);

```

```

    Debug.Log("Conectado al m2");
    if (write != 0)
        Debug.LogError("Error al escribir M0.4: " + client.ErrorText(write));
    }
}
else if(GameState.estado_regresar == 2)
{
    MostrarMenuOpciones();
    MostrarMenuMoviles();
    read = client.MBRead(0, 1, buffer);
    if (read == 0)
    {
        S7.SetBitAt(ref buffer, 0, 1, false);
        write = client.MBWrite(0, 1, buffer);
        Debug.Log("Conectado al m2");
        if (write != 0)
            Debug.LogError("Error al escribir M0.4: " + client.ErrorText(write));
        }
    }
if (result == 0)
{
    Debug.Log("Conectado al PLC");
}
else
{

```

```

        Debug.LogError("Error de conexión: " + client.ErrorText(result));
    }
}

private void OnApplicationQuit()
{
    client.Disconnect();
}

// Corrutina para activar y desactivar M20.4 varias veces
private IEnumerator PulsarMarcaM20(int repeticiones, float retardo = 0.2f)
{
    for (int i = 0; i < repeticiones; i++)
    {
        // Apagar M4.0
        ApagarnuevoMarcaM20();
        Debug.Log($"{i} Apago M20.0");

        yield return new WaitForSeconds(retardo);

        // Encender M4.0 (bit 4 del byte 0)
        EncendernuevoMarcaM20();
        Debug.Log($"{i} Encender M20.0");

        yield return new WaitForSeconds(retardo);
    }
}

```

```

    }

    GameState.estado_botones = 0;

    Debug.Log($" Finalizado: M20 pulsada {repeticiones} veces");

    SceneManager.LoadScene("escena_campo_abatibles");

}

// Métodos para botones seleccion de play and stop

public void estado_abatible()

{

    GameState.repeticionesIniciales = 1;

}

public void estado_horizontal()

{

    GameState.repeticionesIniciales = 2;

}

public void estado_vertical()

{

    GameState.repeticionesIniciales = 3;

}

// Métodos para botones que pulsan M20.4 de 1 a 5 veces

public void PulsarM20_1Vez()

{

    GameState.repeticionesIniciales = 1;

    StartCoroutine(PulsarMarcaM20(1));

}

```

```

public void PulsarM20_2Veces()
{
    GameState.repeticionesIniciales = 2;
    StartCoroutine(PulsarMarcaM20(2));
}
// ... igual para los otros:
public void PulsarM20_3Veces()
{
    GameState.repeticionesIniciales = 5;
    StartCoroutine(PulsarMarcaM20(5));
}
public void PulsarM20_4Veces()
{
    GameState.repeticionesIniciales = 3;
    StartCoroutine(PulsarMarcaM20(3));
}
public void PulsarM20_5Veces()
{
    GameState.repeticionesIniciales = 4;
    StartCoroutine(PulsarMarcaM20(4));
}
// Otros métodos que ya tenías (sin cambios)
public void EncenderMarcaM01() // Mencender movil vertical
{
    GameState.estado_botones = 1;
}

```

```

GameState.estado_regresar = 2;

GameState.estado_slider = 2;

int read = client.MBRead(0, 1, buffer);

if (read == 0)
{
    S7.SetBitAt(ref buffer, 0, 0, true); // M0.0

    int write = client.MBWrite(0, 1, buffer);

    if (write != 0)
        Debug.LogError("Error al escribir M0.1: " + client.ErrorText(write));
}
}

public void EncenderMarcaM04()
{
    int read = client.MBRead(0, 1, buffer);

    if (read == 0)
    {
        S7.SetBitAt(ref buffer, 0, 3, true); // M0.4

        int write = client.MBWrite(0, 1, buffer);

        Debug.Log("escribir M0.4: ");

        if (write != 0)
            Debug.LogError("Error al escribir M0.4: " + client.ErrorText(write));
    }
}

public void empezar()
{

```

```

        btn_Opciones.GetComponent<Button>().interactable = true;
    }
public void ApagarMarcaM04()
{
    int read = client.MBRead(0, 1, buffer);
    if (read == 0)
    {
        S7.SetBitAt(ref buffer, 0, 3, false); // M0.4
        int write = client.MBWrite(0, 1, buffer);
        Debug.Log("escribir M0.4: ");
        if (write != 0)
            Debug.LogError("Error al escribir M0.4: " + client.ErrorText(write));
    }
}
public void EncenderMarcaM13()// M encender movil horizontal
{
    GameState.estado_botones = 1;
    GameState.estado_slider = 1;
    int read = client.MBRead(1, 1, buffer);
    if (read == 0)
    {
        S7.SetBitAt(ref buffer, 0, 4, true); // M13.4
        int write = client.MBWrite(1, 1, buffer);
        if (write != 0)
            Debug.LogError("Error al escribir M13.0: " + client.ErrorText(write));
    }
}

```

```

    }
}
public void Salir()
{
    int read = client.MBRead(0, 1, buffer);
    if (read == 0)
    {
        S7.SetBitAt(ref buffer, 0, 3, false); // M0.4
        int write = client.MBWrite(0, 1, buffer);
        Debug.Log("escribir M0.4: ");
        if (write != 0)
            Debug.LogError("Error al escribir M0.4: " + client.ErrorText(write));
    }
    Application.Quit();
    Debug.Log("Aquí se cierra el juego");
}

// 🗂️ Menús y navegación
public CanvasGroup menuOpciones;
public CanvasGroup menuPrincipal;
public CanvasGroup menuAbatibles;
public CanvasGroup menuMoviles;

public void MostrarMenuOpciones()
{
    btn_abatible.SetActive(true);
}

```

```

    btn_Movil.SetActive(true);
    btn_Regresar.SetActive(true);
    menuOpciones.alpha = 1;
    menuOpciones.interactable = true;
    menuOpciones.blocksRaycasts = true;

    menuPrincipal.interactable = false;
    menuPrincipal.blocksRaycasts = false;
}

public void MostrarMenuAbatibles()
{
    menuAbatibles.alpha = 1;
    menuAbatibles.interactable = true;
    menuAbatibles.blocksRaycasts = true;

    menuOpciones.interactable = false;
    menuOpciones.blocksRaycasts = false;

    menuMoviles.alpha = 0;
    menuMoviles.interactable = false;
    menuMoviles.blocksRaycasts = false;
    GameState.estado_regresar = 1;
}

public void MostrarMenuMoviles()

```

```
{  
    //btn_opcion_1.SetActive(true);  
    //btn_opcion_2.SetActive(true);  
    //btn_Regresar_3.SetActive(true);  
    GameState.estado_regresar = 2;  
  
    menuMoviles.alpha = 1;  
    menuMoviles.interactable = true;  
    menuMoviles.blocksRaycasts = true;  
  
    menuOpciones.interactable = false;  
    menuOpciones.blocksRaycasts = false;  
  
    menuAbatibles.alpha = 0;  
    menuAbatibles.interactable = false;  
    menuAbatibles.blocksRaycasts = false;  
}
```

```
public void VolverAlMenuOpciones()  
{  
    menuOpciones.alpha = 1;  
    menuOpciones.interactable = true;  
    menuOpciones.blocksRaycasts = true;  
  
    menuAbatibles.alpha = 0;
```

```

menuAbatibles.interactable = false;
menuAbatibles.blocksRaycasts = false;

menuMoviles.alpha = 0;
menuMoviles.interactable = false;
menuMoviles.blocksRaycasts = false;
}

public void VolverAlMenuPrincipal()
{
    menuOpciones.alpha = 0;
    menuOpciones.interactable = false;
    menuOpciones.blocksRaycasts = false;

    menuPrincipal.interactable = true;
    menuPrincipal.blocksRaycasts = true;
}

// Carga de escenas
public void CargarEscenaConAvatares()
{
    GameFlags.mostrarAvatares = true;
}

public void CargarSecuenciaPorPares()

```

```

{
    GameFlags.mostrarAvataresPorPares = true;
}

public void CargarSecuenciaReordenados()
{
    GameFlags.mostrarAvataresReordenados = true;
}

public void CargarSecuenciaDeCuatro()
{
    GameFlags.mostrarAvataresDeCuatro = true;
}

public void CargarSecuenciaDeCuatroOrdenados()
{
    GameFlags.mostrarAvataresDeCuatroOrdenados = true;
}

public void DesplazamientoHorizontal()
{
    GameFlags.DesplazameintoHorizontal = true;
}

public void IrAEscenaSecuencia()
{
    GameFlags.secuenciaActiva = true;
}

```

```

public void IniciarPulsadoExtraM20(int repeticiones)
{
    StartCoroutine(PulsarMarcaM20(repeticiones));
}

public void EncendernuevoMarcaM20() // Mencender movil vertical
{
    int read = client.MBRead(2, 1, buffer);
    if (read == 0)
    {
        S7.SetBitAt(ref buffer, 0, 3, true); // M0.0
        int write = client.MBWrite(2, 1, buffer);
        if (write != 0)
            Debug.LogError("Error al escribir M0.1: " + client.ErrorText(write));
    }
}

public void ApagarnuevoMarcaM20() // Mencender movil vertical
{
    int read = client.MBRead(2, 1, buffer);
    if (read == 0)
    {
        S7.SetBitAt(ref buffer, 0, 3, false); // M0.0
        int write = client.MBWrite(2, 1, buffer);
        if (write != 0)
            Debug.LogError("Error al escribir M0.1: " + client.ErrorText(write));
    }
}

```

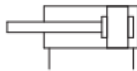
Anexo 4. Datasheet del cilindro neumático CM2

Cilindro neumático: Modelo estándar Doble efecto con vástago simple **Serie CM2**

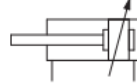


Símbolo

Doble efecto con vástago simple



Amortiguación neumática



Consulte las páginas 95 a 99 en lo referente a los cilindros con detectores magnéticos.

- Posición de montaje del detector magnético (detección a final de carrera) y altura de montaje
- Carrera mínima para el montaje de detectores magnéticos
- Rango de trabajo
- Referencias de las fijaciones de montaje de los detectores magnéticos



Ejecuciones especiales

(Consulte las págs. 101 a 117 para más detalles.)

Símbolo	Especificaciones
-XA□	Modificación del extremo del vástago
-XB6	Cilindro resistente a altas temperaturas (-10 a 150 °C)
-XB7	Cilindro resistente a bajas temperaturas (-40 a 70 °C) ⁴¹

Especificaciones

Diámetro [mm]	20	25	32	40		
Modelo	Neumático					
Acción	Doble efecto con vástago simple					
Fluido	Aire					
Presión de prueba	1.5 MPa					
Presión máx. de trabajo	1.0 MPa					
Presión mín. de trabajo	0.05 MPa					
Temperatura ambiente y de fluido	Sin detección magnética: -10 °C a 70 °C (sin congelación) Con detección magnética: -10 °C a 60 °C					
Lubricación	No necesaria (sin lubricación)					
Tolerancia de longitud de carrera	+1.4 0 mm					
Velocidad del émbolo	Tope elástico: 50 a 750 mm/s, amortiguación neumática: 50 a 1000 mm/s					
Amortiguación	Tope elástico, amortiguación neumática					
Energía cinética admisible	Tope elástico	Rosca macho	0.27 J	0.4 J	0.65 J	1.2 J
		Rosca hembra	0.11 J	0.18 J	0.29 J	0.52 J
	Amortiguación neumática (Longitud de amortiguación efectiva [mm])	Rosca macho	0.54 J (11.0)	0.78 J (11.0)	1.27 J (11.0)	2.35 J (11.8)
		Rosca hembra	0.11 J	0.18 J	0.29 J	0.52 J

* Utilice un cilindro dentro del rango de energía cinética admisible.

Carreras estándar

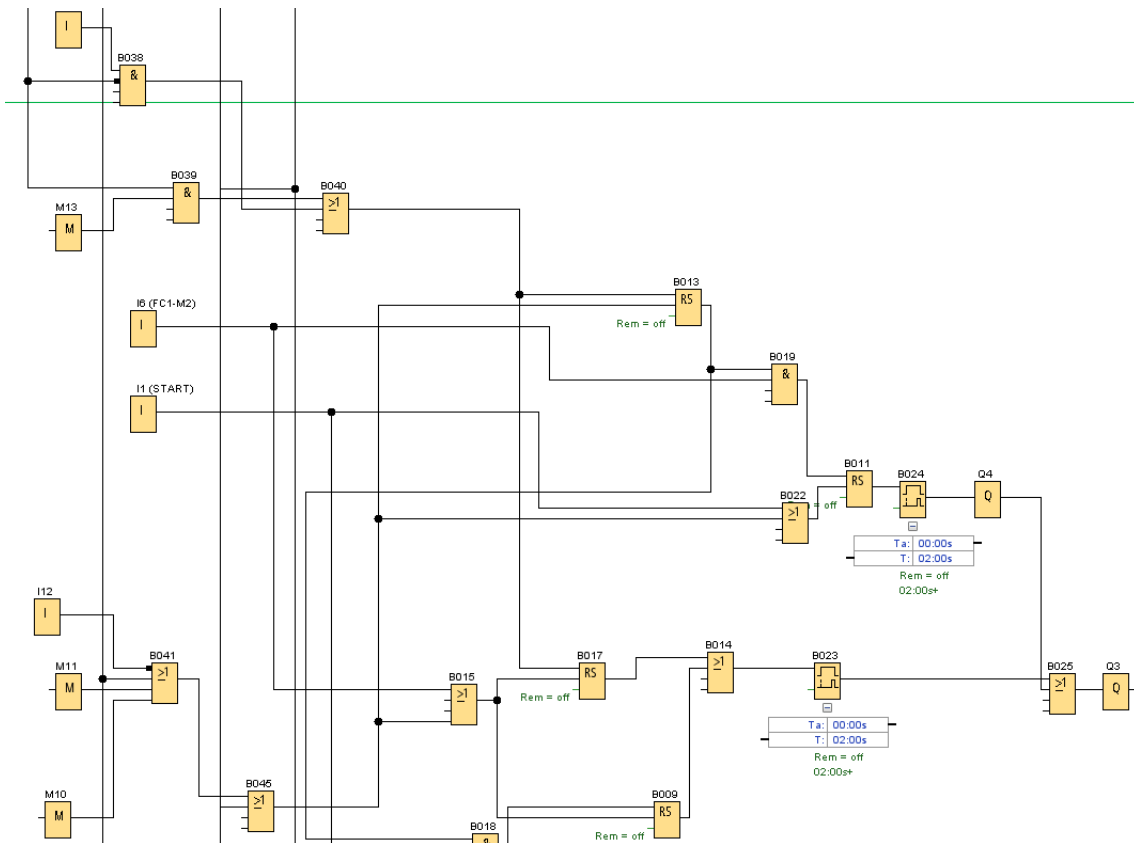
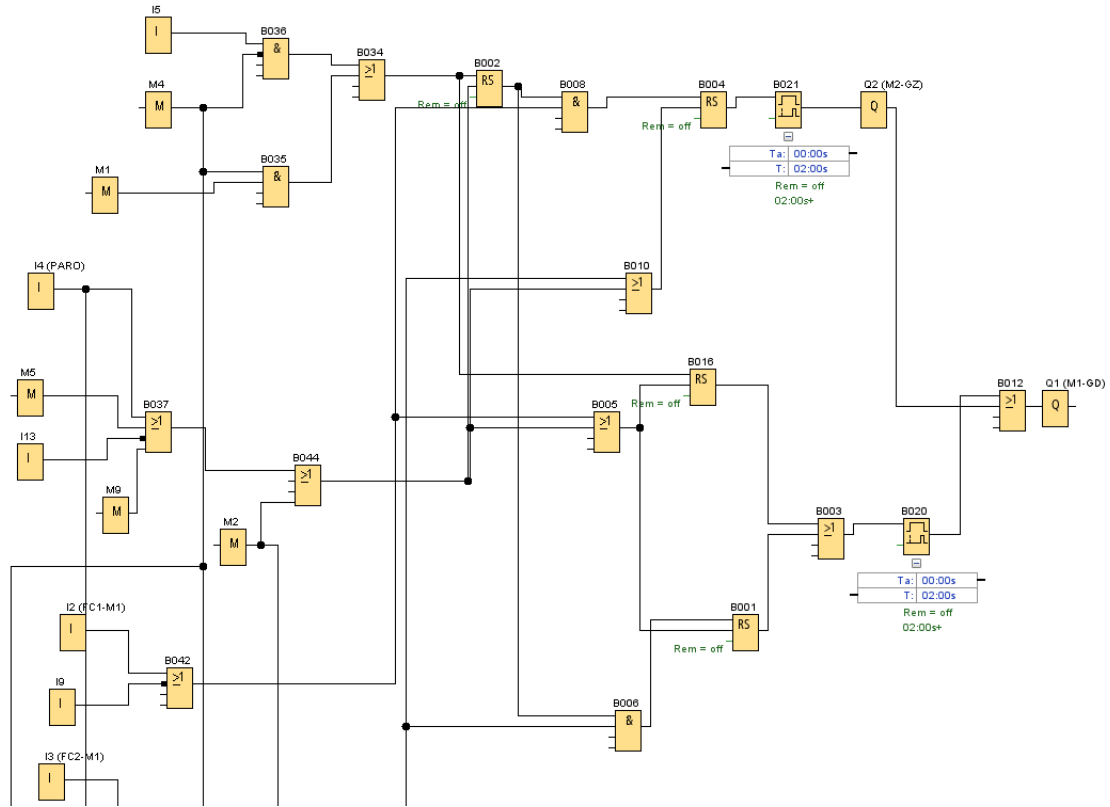
Diámetro [mm]	Carrera estándar [mm] ^{Nota 1)}	Carrera máxima disponible [mm]
20	25, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300	1000
25		1500
32		2000
40		

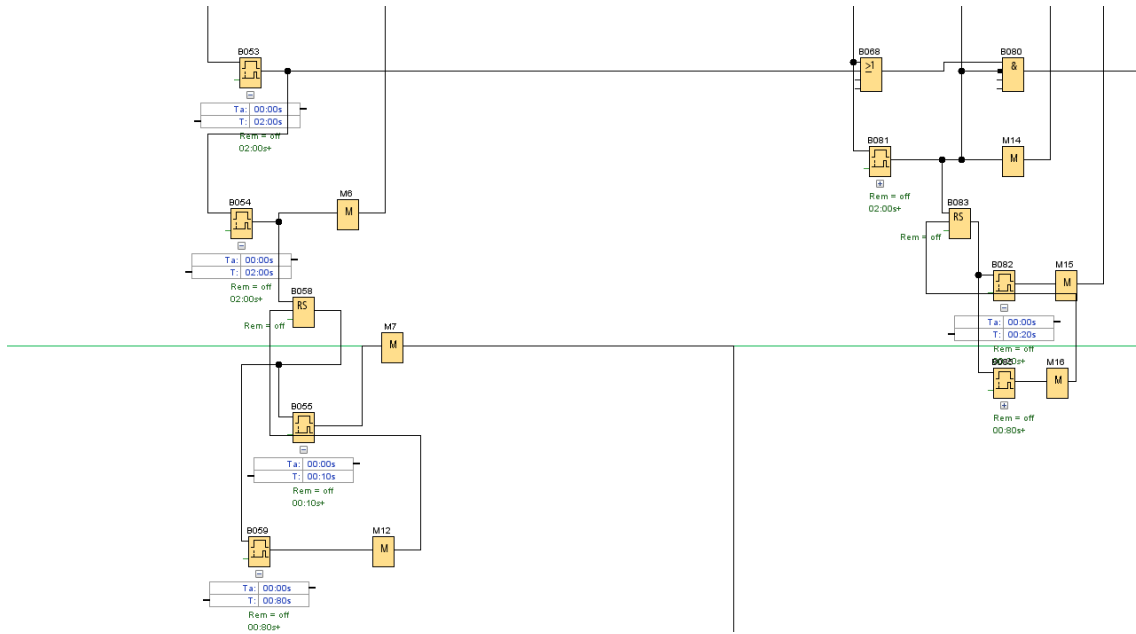
Nota 1) Las carreras intermedias diferentes a las mencionadas arriba se fabrican bajo demanda. Posibilidad de fabricar carreras intermedias con incrementos de 1 mm. (Los espaciadores no se usan).

Nota 2) Las carreras aplicables deben confirmarse en función del uso. Para los detalles, consulte "Selección del modelo de cilindro neumático". Además, es posible que los productos que

Distribución estándar CM2
 Estándar CM2W
 Distribución estándar CM2
 Distribución estándar CM2K
 Vástago antiguo CM2KW
 Distribución estándar CM2K
 Montaje directo CM2R
 Distribución estándar CM2K

Anexo 5. Programación en Logo Soft





Anexo 6. Inspección al campo de entrenamiento de la Brigada Patria.

Blanco móvil de la Brigada Patria



Campo de entrenamiento con blancos abatibles



Tablero de control de la Brigada Patria



Empotramiento de blancos abatibles al terreno



Acople para blanco abatible con el cilindro neumático




Anexo 7. Informe de Similitud


CERTIFICACIÓN DE INFORME DE SIMILITUD


En mi calidad de Tutor de la Propuesta Tecnológica con el tema: “REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL DE BLANCOS ABATIBLES EN EL CAMPO DE ENTRENAMIENTO TÁCTICO DE LA BRIGADA DE FUERZAS ESPECIALES N°9 PATRIA”, de Ronny Santiago Jiménez Pinzón, Luis Ángel Molina Heredia, de la carrera de Electricidad remito la captura de pantalla del reporte del sistema de reconocimiento de texto Turnitin, con un porcentaje de coincidencias del 6 %; y, expreso una vez más, mi conformidad en cuanto a la dirección del trabajo de titulación.

Marco León

Tesis_Molina_Jimenez

 Quick Submit

 Quick Submit

 Universidad Técnica De Cotopaxi


6% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes.


.....
Ing. Marco Anibal León Segovia M.Sc.

C.C.: 0502305402

TUTOR

Latacunga, Agosto del 2025.

Anexo 7. Entrega del estudio y Conformidad de la brigada Patria

