

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECÁNICA

"IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DOMÓTICO APLICADO A CIRCUITOS ELÉCTRICOS RESIDENCIALES CON ASISTENCIA VIRTUAL PARA EL LABORATORIO DE ELECTROMECÁNICA DE LA UTC EXTENSIÓN LA MANÁ"

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniería en Electromecánica.

Autores:

Ayala Avalos Bayron Medardo

Mejia Guaman Edison Rafael

Tutor:

MSc. Cristian Darwin Borja Borja

LA MANÁ-ECUADOR

AGOSTO - 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Ayala Avalos Bayron Medardo con cédula de ciudadanía No. 1251097356, Mejia Guaman Edison Rafael con cédula de ciudadanía No. 0504700055 declaramos ser autores del presente **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: "IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DOMÓTICO APLICADO A CIRCUITOS ELÉCTRICOS RESIDENCIALES CON ASISTENCIA VIRTUAL PARA EL LABORATORIO DE ELECTROMECÁNICA DE LA UTC EXTENSIÓN LA MANÁ"**, siendo el Ing. Cristian Darwin Borja Borja, MSc, Tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

La Maná, 19 de agosto del 2026

Bayron Medardo Ayala Avalos
C.C: 1251097356

Edison R. Mejia G.
Edison Rafael Mejia Guaman
C.C.: 0504700055

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

"IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DOMÓTICO APLICADO A CIRCUITOS ELÉCTRICOS RESIDENCIALES CON ASISTENCIA VIRTUAL PARA EL LABORATORIO DE ELECTROMECÁNICA DE LA UTC EXTENSIÓN LA MANÁ", de Bayron Medardo Ayala Avalos y Edison Rafael Mejia Guaman, de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Extensión La Maná, considero que dicho informe investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas técnicas, traducción y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

La Maná, 19 de agosto del 2026

Ing. Borja Borja Cristian Darwin, MSc
C.C. 1719252585
TUTOR

AVAL DE 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 Extensión La Maná, carrera de Ingeniería Electromecánica; por cuanto, los postulantes: Bayron Medardo Ayala Avalos, y Edison Rafael Mejia Guaman con el título de Proyecto de Investigación: **"IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DOMÓTICO APLICADO A CIRCUITOS ELÉCTRICOS RESIDENCIALES CON ASISTENCIA VIRTUAL PARA EL LABORATORIO DE ELECTROMECÁNICA DE LA UTC EXTENSIÓN LA MANÁ"**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos al acto de sustentación del proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

La Maná, 19 de agosto del 2026

Para constancia firma:

Ing. Hidalgo Osorio William Armando, MSc
C.C.: 0502657885
LECTOR 1 (PRESIDENTE)

Ing. Morales Tamayo Yoandrys, PHD
C.C.: 1756958797
LECTOR 2 (MIEMBRO)

Ing. Romero Bedón Freddy Rodrigo, MSc.
C.C.: 0503499642
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná, institución que nos permitió desarrollar nuestra formación académica y profesional. Agradecemos también a los docentes de la carrera de Ingeniería Electromecánica por compartir sus conocimientos, experiencias y orientación, los cuales fueron fundamentales para culminar satisfactoriamente este proyecto de titulación.

Ayala Bayron y Mejia Edison

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, por su amor, apoyo, sacrificio y confianza durante todo este camino. Y me lo dedico también a mí, por mi esfuerzo, perseverancia y por no rendirme ante las dificultades.

Este logro representa el resultado de todo lo vivido, aprendido y superado durante esta etapa. Con mucho cariño y gratitud, comparto este triunfo con mis padres y conmigo mismo.

Ayala Bayron

DEDICATORIA

Muchas gracias papá, aunque toda mi familia me ha apoyado y mi madre, pero nadie fue como él, y me ayudó desde el inicio hasta que tuvo que partir y este golpe final me tocó darlo solo pero aun lo siento conmigo. A mi padre que está en el cielo lo dedico.

Mejia Edison

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DOMÓTICO APLICADO A CIRCUITOS ELÉCTRICOS RESIDENCIALES CON ASISTENCIA VIRTUAL PARA EL LABORATORIO DE ELECTROMECÁNICA DE LA UTC EXTENSIÓN LA MANÁ.

Autores:
Ayala Avalos Bayron Medardo
Mejia Guaman Edison Rafael

RESUMEN

Esta investigación implementó un módulo didáctico domótico para prácticas de circuitos eléctricos residenciales en el Laboratorio de Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná. Se aplicó un enfoque mixto, con revisión bibliográfica, diagnóstico mediante encuestas, diseño técnico, montaje y pruebas funcionales. El módulo integra cinco circuitos: iluminación con Sonoff de cuatro canales, tomacorriente convencional e inteligente, luminaria activada por sensor de movimiento, ventilación controlada por termostato y puerta corrediza accionada por motor de 12 V. El diseño incluyó protecciones, conductores, conectores didácticos, fuente de alimentación, planos eléctricos y mecánicos, además de cálculos de corriente, potencia, fuerza, velocidad y torque. La validación contempló pruebas eléctricas, mecánicas, de conectividad y control mediante Amazon Alexa. Las encuestas a 19 estudiantes y 5 docentes mostraron una valoración mayoritariamente favorable respecto de la utilidad académica del módulo. Se concluye que el equipo es funcional, reutilizable y pertinente para relacionar instalaciones eléctricas, automatización, domótica, IoT y sistemas electromecánicos en una plataforma de aprendizaje práctico.

Palabras clave: domótica, módulo didáctico, instalaciones eléctricas residenciales, asistencia virtual, automatización.

ABSTRACT

This research implemented a didactic home-automation module for residential electrical-circuit practice in the Electromechanics Laboratory at the Technical University of Cotopaxi, La Maná Extension. A mixed approach combined a literature review, survey-based diagnosis, technical design, assembly, and functional testing. The module integrates five circuits: lighting controlled by a four-channel Sonoff device, conventional and smart outlets, motion-activated lighting, thermostat-controlled ventilation, and a sliding door driven by a 12 V motor. The design includes protection devices, conductors, didactic connectors, a power supply, electrical and mechanical drawings, and current, power, force, speed, and torque calculations. Validation covered electrical, mechanical, connectivity, and Amazon Alexa control tests. Surveys of 19 students and 5 faculty members showed a predominantly favorable assessment of the module's academic usefulness. The results indicate that the equipment is functional, reusable, and suitable for connecting electrical installations, automation, home automation, IoT, and electromechanical systems in a hands-on learning platform.

Keywords: home automation, didactic module, residential electrical installations, virtual assistance, automation, Electromechanical Engineering.

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA ii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN iv
ÍNDICE GENERAL ix
ÍNDICE DE TABLAS xiv
ÍNDICE DE FIGURAS xiv
ÍNDICE DE FÓRMULAS xvi
1 INFORMACIÓN GENERAL 1
2 INTRODUCCIÓN 3
3 JUSTIFICACIÓN 4
3.1 Justificación científica 4
3.2 Justificación tecnológica 5
3.3 Justificación académica 5
3.4 Justificación institucional 6
3.5 Justificación social 6
4 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO 7
4.1 Beneficiarios principales 7
4.2 Beneficiarios secundarios 8
5 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 8
5.1 Problemática 8
5.2 Pregunta científica 9
6 OBJETIVOS 9
6.1 Objetivo general 9
6.2 Objetivos específicos 9
7 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS DE RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS 10

8 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA 13
8.1 Diseño estructural del módulo didáctico domótico 13
8.1.1 Distribución de los sistemas dentro del módulo 14
8.1.2 Diseño mecánico de la puerta corrediza 15
8.1.3 Cálculos mecánicos de la puerta corrediza 16
8.2 Diseño eléctrico del módulo didáctico domótico 22
8.2.1 Diagrama eléctrico general 23
8.2.2 Circuito de iluminación domótica 25
8.2.3 Circuito de tomacorrientes 28
8.2.4 Circuito del sensor de movimiento 31
8.2.5 Circuito de ventilación automatizada 34
8.2.6 Circuito eléctrico de la puerta corrediza 37
8.3 Selección y descripción técnica de los componentes del módulo 43
8.3.1 Dispositivo inteligente Sonoff de cuatro canales 44
8.3.2 Plataforma eWeLink 45
8.3.3 Asistente virtual Amazon Alexa 47
8.3.4 Luminarias LED de 9 W 48
8.3.5 Sensor de movimiento 49
8.3.6 Luminaria de 20 W 50
8.3.7 Tomacorriente convencional 50
8.3.8 Tomacorriente inteligente 51
8.3.9 Termostato inteligente 53
8.3.10 Ventilador 54
8.3.11 Fuente de alimentación de 12 VCC 55
8.3.12 Relé inteligente de dos canales 56
8.3.13 Relés electromecánicos de ocho pines 57
8.3.14 Finales de carrera 57

8.3.15 Motor de corriente continua de 12 V 58
8.3.16 Piñón y cremallera 59
8.3.17 Interruptores termomagnéticos 59
8.3.18 Conductores eléctricos 60
8.3.19 Conectores tipo banana 62
8.3.20 Caja de distribución 63
8.4 Cálculos de dimensionamiento y selección de protecciones 64
8.4.1 Cálculo del circuito de iluminación domótica 64
8.4.2 Cálculo del circuito del sensor de movimiento 65
8.4.3 Cálculo del circuito de ventilación 65
8.4.4 Circuito de tomacorrientes 66
8.4.5 Cálculo del motor de la puerta corrediza 66
8.4.6 Dimensionamiento de la fuente de 12 V 67
8.4.7 Potencia conocida instalada en el módulo 67
8.4.8 Corriente equivalente de las cargas conocidas 68
8.4.9 Selección del breaker general 68
8.4.10 Selección de conductores 68
8.5 Asistencia virtual 71
8.6 Instalaciones eléctricas residenciales 71
8.7 Dispositivos inteligentes del módulo 72
8.7.1 Circuito de iluminación domótica 72
8.7.2 Circuito de tomacorrientes 72
8.7.3 Sensor de movimiento 72
8.7.4 Control automático de temperatura 73
8.7.5 Puerta corrediza automatizada 73
8.3.18 Conductores eléctricos 74
8.9 Dispositivos de protección 74

9 METODOLOGÍA Y DISEÑOS EXPERIMENTAL 75
9.1 Enfoque de la investigación 75
9.2 Tipo de investigación 75
9.3 Modalidad de la investigación 76
9.3.1 Investigación bibliográfica 76
9.3.2 Investigación de campo 76
9.4 Métodos de investigación 78
9.4.1 Método analítico 78
9.4.2 Método sintético 78
9.4.3 Método inductivo 78
9.4.4 Método deductivo 78
9.5 Técnicas e instrumentos de investigación 79
9.5.1 Observación directa 79
9.5.2 Encuesta 79
9.5.3 Pruebas experimentales 79
9.6 Población y muestra 80
9.7 Variables de investigación 80
9.7.1 Variable independiente 80
9.7.2 Variable dependiente 81
9.8 Análisis de encuestas 81
10 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS 93
10.1 Resultados de la implementación del módulo didáctico domótico 93
10.2 Discusión 95
10.3 Observaciones cualitativas y retroalimentación de estudiantes y docentes sobre el uso del módulo didáctico 96
10.4 Comparación con estudios similares y síntesis del impacto académico 97
10.4.1 Síntesis del impacto académico 98

11 IMPACTOS TÉCNICOS, SOCIALES Y ECONÓMICOS 99
11.1 Impacto técnico 99
11.2 Impacto social 99
11.3 Impacto económico 100
12 PRESUPUESTO DEL PROYECTO 100
12.1 Desglose técnico de materiales y costos 100
12.2 Análisis económico del proyecto 104
13 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 105
13.1 Conclusiones 105
13.2 Recomendaciones 105
14 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 106
15 ANEXOS 109

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I. Actividades y sistema de tareas en relación con los objetivos 10
TABLA II. Sistema de puerta corrediza 15
TABLA III. Aplicación del Sonoff 4CH en el proyecto 45
TABLA IV. Distribución de interruptores termomagnéticos 60
TABLA V. Conductores eléctricos utilizados en el montaje del módulo 62
TABLA VI. Verificación preliminar de circuitos 70
TABLA VII. Población y muestra 80
TABLA VIII. Presupuesto de materiales y componentes 101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales beneficiarios. 7
Figura 2. Plano general del módulo didáctico domótico. 14
Figura 3. Diagrama del sistema de puerta corrediza automatizada. 16
Figura 4. Diagrama eléctrico general del módulo didáctico domótico. 24
Figura 5. Diagrama eléctrico del circuito de iluminación mediante Sonoff 26
Figura 6. Diagrama del circuito de tomacorriente convencional e inteligente. 29
Figura 7. Diagrama del sensor de movimiento y luminaria de 20 W 32
Figura 8. Diagrama del sistema de ventilación mediante termostato inteligente. 35
Figura 9. Diagrama eléctrico de la puerta corrediza automatizada. 38
Figura 10. Palanca utilizada para el acople y desacople mecánico de la puerta corrediza 42
Figura 11. Dispositivo Sonoff de cuatro canales utilizado en el módulo 44
Figura 12. Interfaz de configuración de dispositivos mediante eWeLink configurada con los dispositivos reales del módulo 46
Figura 13. Asistente virtual Amazon Alexa utilizado para el control del módulo. 47
Figura 14. Luminaria LED de 9 W utilizada en el circuito de iluminación. 48
Figura 15. Sensor de movimiento empleado en el módulo didáctico 49
Figura 16. Luminaria de 20 W controlada mediante sensor de movimiento 50
Figura 17. Tomacorriente convencional instalado en el módulo. 51
Figura 18. Tomacorriente inteligente utilizado en el módulo. 52
Figura 19. Termostato inteligente utilizado para el control de temperatura 53

Figura 20. Ventilador utilizado como carga del sistema de control de temperatura. 54
Figura 21. Fuente de alimentación de 12 VCC utilizada en la puerta corrediza. 55
Figura 22. Relé inteligente de dos canales utilizado para controlar la puerta. 56
Figura 23. Relés electromecánicos de ocho pines empleados para la inversión de giro. 57
Figura 24. Finales de carrera utilizados en las posiciones de apertura y cierre 58
Figura 25. Motor de 12 V utilizado para el accionamiento de la puerta corrediza. 59
Figura 26. Sistema de transmisión mediante piñón y cremallera. 59
Figura 27. Interruptores termomagnéticos utilizados en el módulo. 60
Figura 28. Conectores didácticos tipo banana incorporados al módulo. 63
Figura 29. Caja de distribución y protecciones del módulo. 63
Figura 30. Secuencia metodológica del proyecto. 77
Figura 31. Disponibilidad de recursos suficientes en el laboratorio. 82
Figura 32. Incorporación de tecnologías domóticas en las prácticas. 83
Figura 33. Uso previo de dispositivos inteligentes 83
Figura 34. Un módulo didáctico facilitaría el aprendizaje. 84
Figura 35. El fortalecimiento del aprendizaje mediante asistentes virtuales 84
Figura 36. La importancia de aprender el funcionamiento de sensores inteligentes 85
Figura 37. La necesidad de realizar prácticas con iluminación inteligente. 85
Figura 38. La utilidad de automatizar puertas mediante motores eléctricos. 86
Figura 39. El conocimiento de sistemas de control de temperatura (termostatos). 86
Figura 40. La mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje con el módulo. 87
Figura 41. Necesidad de actualización. 88
Figura 42. Pertinencia de módulos inteligentes 88
Figura 43. Correspondencia con competencias profesionales 89
Figura 44. Representación de aplicaciones reales. 89
Figura 45. Uso de asistentes virtuales. 90
Figura 46. Adecuación de dispositivos inteligentes. 90
Figura 47. Desarrollo de competencias prácticas. 91
Figura 48. Herramienta de práctica permanente 91
Figura 49. Calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje. 92
Figura 50. Recomendación de incorporación. 92
Figura 51. Componentes, materiales y herramientas para desarrollo del modulo 121

Figura 52. Implementación de un Módulo Didáctico Domótico aplicado a circuitos eléctricos residenciales con asistencia virtual..... 122

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula 1. Cálculo del peso de la puerta..... 17
Fórmula 2. Cálculo de la fuerza normal..... 17
Fórmula 3. Cálculo de la fuerza de fricción..... 18
Fórmula 4. Cálculo de la velocidad lineal..... 19
Fórmula 5. Cálculo de la potencia mecánica requerida..... 19
Fórmula 6. Diámetro primitivo del piñón..... 20
Fórmula 7. Radio primitivo..... 20
Fórmula 8. Cálculo del torque requerido..... 21
Fórmula 9. Potencia y corriente del motor de 12 V..... 21
Fórmula 10. Relación de corriente eléctrica..... 23
Fórmula 11. Potencia total de iluminación..... 27
Fórmula 12. Corriente del circuito..... 28
Fórmula 13. Cálculo de corriente..... 33
Fórmula 14. Corriente nominal aproximada..... 36
Fórmula 15. Corriente nominal del motor de 12 V..... 42
Fórmula 16. Potencia de la fuente instalada..... 43

1 INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

"IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DOMÓTICO APLICADO A CIRCUITOS ELÉCTRICOS RESIDENCIALES CON ASISTENCIA VIRTUAL PARA EL LABORATORIO DE ELECTROMECÁNICA DE LA UTC EXTENSIÓN LA MANÁ"

Fecha de inicio:	Abril del 2026
Fecha de finalización:	Agosto del 2026
Lugar de ejecución:	Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná
Unidad académica que auspicia:	Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas CIYA
Carrera que auspicia:	Ingeniería Electromecánica
Proyecto de investigación vinculado:	Clave para el desarrollo socioeconómico y la integración social.
Tutor del Proyecto:	MSc. Borja Borja Cristian Darwin
Postulantes:	Ayala Avalos Bayron Medardo Mejia Guaman Edison Rafael
Área de conocimiento:	Ingeniería, Industria y Construcción
Línea de investigación:	Procesos Industriales y Automatización.

Fecha de inicio:	Abril del 2026

2 INTRODUCCIÓN

La transformación digital ha modificado la forma en que se diseñan, instalan y controlan los sistemas eléctricos residenciales. La incorporación del Internet de las Cosas, sensores, actuadores, dispositivos Wi-Fi y plataformas de control permite supervisar y automatizar la iluminación, ventilación, accesos y cargas eléctricas desde aplicaciones móviles o asistentes virtuales. Estas tecnologías han dado lugar a viviendas inteligentes capaces de responder a condiciones ambientales y órdenes del usuario, mejorando el confort, la accesibilidad, la seguridad y la administración de la energía [1].

Este avance tecnológico plantea nuevos requerimientos para la formación de los estudiantes de Ingeniería Electromecánica. La enseñanza de las instalaciones eléctricas no se puede ceñir a circuitos convencionales, sino que se debe hacer extensiva a dispositivos inteligentes, comunicación inalámbrica, control automáticos, motores y sistemas electromecánicos [2] afirman que los laboratorios IoT brindan una serie de experiencias prácticas que favorecen una comprensión de los sensores, de los protocolos de comunicación, de las plataformas digitales y del procesamiento de información, reforzando destrezas relacionadas con la Industria 4.0.

La carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná, exige recursos didácticos capaces de poner en práctica estos conocimientos en condiciones controladas. A pesar de contar en el laboratorio con medios para las prácticas eléctricas, se hace necesario añadir un módulo en el que se integren la parte de circuitos residenciales, automatización y asistencia virtual. Sin este tipo de recurso se pierde la oportunidad de poder estudiar en forma conjunta la conexión a la fuente eléctrica, la operación del dispositivo inteligente, la configuración de la red y la respuesta física de la carga. Ante esta necesidad, el presente proyecto propone la implementación de un módulo didáctico domótico compuesto por cinco circuitos: luminarias en control del Sonoff de cuatro canales, toma de corriente convencional e inteligente, luminarias activadas por un sensor de movimiento, ventilador 110 V en control de un termostato inteligente y puerta automatizada por motor de 12 V. Todos los circuitos incorporarán mecanismo de control automático o remoto, que se emparejarán, cuando la compatibilidad lo permita, con la plataforma móvil y asistente virtual.

El módulo facilitará prácticas sobre selección de conductores, protecciones eléctricas, conexión de sensores, funcionamiento de relés, control de motores, inversión de giro, finales de carrera y configuración de dispositivos IoT. De esta manera, los estudiantes podrán observar la relación

entre alimentación, protección, control, comunicación y carga dentro de una instalación residencial inteligente.

La investigación tendrá un enfoque aplicado y tecnológico. Inicialmente se determinarán los requerimientos del módulo; posteriormente se realizarán los diseños eléctrico, electrónico y mecánico, los cálculos de cada circuito, la selección de componentes, el ensamblaje y la configuración domótica. Finalmente, se desarrollarán pruebas funcionales y se aplicará una encuesta de diez preguntas a los 19 estudiantes del cuarto ciclo para conocer su valoración sobre la utilidad didáctica del equipo.

La integración de un módulo físico con actividades prácticas contribuye a vincular la teoría con situaciones cercanas al ejercicio profesional. La literatura comparativa sobre laboratorios muestra que las modalidades prácticas, virtuales y remotas pueden favorecer el logro de resultados cuando los objetivos, las tareas y la evaluación se encuentran alineados [3].

En los entornos basados en IoT, estas experiencias permiten aplicar procedimientos, analizar relaciones entre componentes, evaluar resultados y crear soluciones conforme a requerimientos concretos de ingeniería [2]

3 JUSTIFICACIÓN

La investigación se justifica por la necesidad de fortalecer la formación práctica de los estudiantes de Ingeniería Electromecánica mediante un recurso que represente el funcionamiento de una instalación residencial automatizada. La literatura destaca que la adopción de hogares inteligentes depende tanto de la utilidad percibida por el usuario como del equilibrio entre beneficios funcionales y riesgos asociados [4]. En consecuencia, la evolución de las viviendas inteligentes demandas profesionales capaces de combinar electricidad, electrónica, automatización, conectividad y mantenimiento.

3.1 Justificación científica

La domótica integra sistemas eléctricos, electrónicos y de comunicación con el propósito de automatizar funciones dentro de una vivienda. En las configuraciones de hogar inteligente, las capas de sensores, actuadores, redes, plataformas de software e interfaces de usuario están parceladas de manera coordinada para monitorear y administrar servicios de casas inteligentes [1]. En este sentido, los artefactos de interacción pueden intercambiar información mutuamente

y realizar acciones que estén asociadas con la iluminación, climatización, seguridad y otras aplicaciones para el hogar [5].

El examen intervendrá en el análisis de esta integración en cinco aplicaciones concretas: de iluminación, de tomacorrientes, de detección de movimiento, de control de temperatura y de desplazamiento de una puerta. Los resultados permitirán inferir de forma detallada la viabilidad de aplicar dispositivos de uso residencial de automatismos en el marco de un recurso de formación destinado a la formación electromecánica.

3.2 Justificación tecnológica

La innovación tecnológica implica la puesta en funcionamiento de este módulo capaz de unir las cargas de corriente alterna y continua con dispositivos inteligentes, relés, sensores y asistencia virtual. Puede ser controlado manualmente, de manera automática o de manera remota, lo que permite realizar comparativas respecto de la forma de operar. El módulo incorpora un tablero de protecciones y cinco circuitos independientes cuya variante incluye:

1. Iluminación domótica con tres lámparas LED de 9 W.
2. Toma corriente convencional e inteligente de 15 A.
3. Sensor de movimiento para controlar la alimentación de un foco de 20 W.
4. Motor de ventilador de 110 V y 60 W controlado por termostato.
5. Motor de 12 V para puerta de corredera.

La inclusión de estos circuitos instala el estudio de las tecnologías que actualmente se utilizan en viviendas domóticas, las cuales permiten implementar infraestructura para iluminación, sensores, dispositivos conectados y sistemas de comunicación con los que supervisar y controlar las funciones que en la vivienda se ejecutan. Las revisiones técnicas presentan la convergencia de vivienda domótica, gestión energética, sensores y redes de comunicación, y recomiendan incluso en el uso de la domótica la interoperabilidad, la mantenibilidad y el contexto en que se lleva a cabo [6].

3.3 Justificación académica

El uso de laboratorios en la formación de ingeniería admite integrar los conocimientos conceptuales por medio de prácticas experimentales y actividades de aprendizaje activo. La literatura reconoce que la experimentación desarrolla capacidades de diseño, medición, análisis y resolución de problemas [7]. Asimismo, los laboratorios presenciales, simulados y remotos cumplen funciones complementarias, por lo que su eficacia depende de los objetivos y del

diseño de las actividades [8]. La interacción con equipos físicos, la reflexión y la retroalimentación favorecen el aprendizaje experiencial y la transferencia de la teoría hacia la práctica [9].

Dicho recurso ofrecerá también la oportunidad de llevar a cabo cinco guías de laboratorio diferentes, una para cada circuito, las cuales contendrán, objetivos, diagramas, materiales, procedimiento, medidas de la seguridad, resultados esperados y preguntas para la evaluación. Las actividades las podrán realizar asignaturas que versen sobre instalaciones eléctricas, sobre automatización, máquinas eléctricas, control y domótica.

3.4 Justificación institucional

El proyecto mejorará el equipamiento del Laboratorio de Electromecánica de la UTC Extensión La Maná con la inclusión de una plataforma funcional, móvil y ampliable. El módulo estará disponible para futuras prácticas, demostraciones y proyectos de titulación. Dicho diseño modular permitirá reemplazar componentes, transformar las conexiones, así como incorporar posteriormente sensores de gas, medidores de consumo, sistemas de seguridad u otros dispositivos compatibles. Esta escalabilidad permitirá aumentar la vida útil del módulo y lo hará susceptible de ser aprovechado en diferentes actividades académicas.

3.5 Justificación social

La formación de técnicos capaces de implementar tecnologías inteligentes podría favorecer la transferencia de conocimientos hacia vivienda, empresa e institución de la zona. Los futuros ingenieros podrán diseñar soluciones relacionadas con iluminación automática, control de temperatura, seguridad, accesibilidad y uso eficiente de recursos. pero, la utilidad de estas tecnologías depende de que se adapten a las rutinas, necesidades y significados que las personas atribuyen al hogar [10].

Sistemas como el control por voz, los sensores de movimiento y la automatización de accesos pueden mejorar la interacción de personas con movilidad limitada con los dispositivos de una vivienda. La investigación con usuarios con discapacidad muestra que los asistentes de voz pueden reducir barreras de interacción, aunque su implementación debe considerar diversidad del habla, recuperación ante errores y alternativas de control manual [11]. Por tanto, el proyecto no solamente posee utilidad académica, sino potencial de aplicación social.

4 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

4.1 Beneficiarios principales

Los beneficiarios directos son los 19 estudiantes del cuarto ciclo de Ingeniería Electromecánica durante el período académico abril–agosto de 2026 y los 5 docentes que participaron en la valoración. Al incluirse la totalidad de los 24 participantes disponibles, se aplicó un muestreo censal.

Debido a que se trabajará con la totalidad del grupo, se aplicará un muestreo censal:

$$N = 24$$

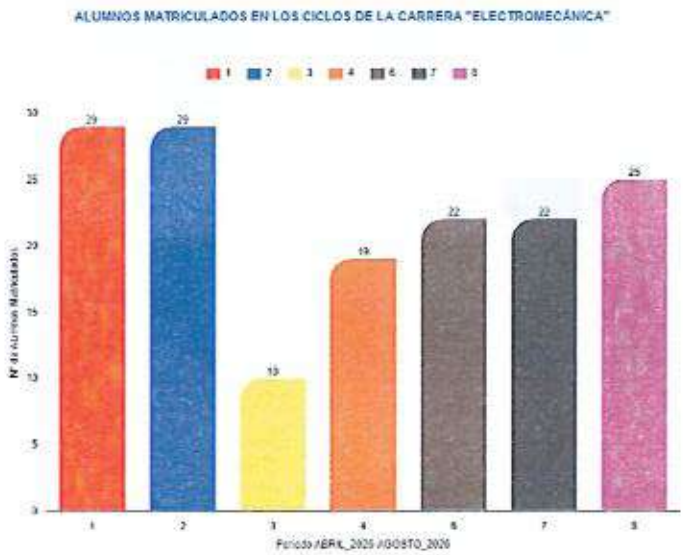
$$n = 24$$

Donde:

- N representa la población;
- n representa la muestra.

La población del estudio está conformada por 19 estudiantes del cuarto ciclo de Ingeniería Electromecánica y 5 docentes de la carrera, dando un total de 24 participantes. Debido a que se trabajará con la totalidad de la población, se aplicará un muestreo censal, por lo que la muestra será igual a la población.

No se aplicó una fórmula de muestreo probabilístico: la muestra coincidió con la población accesible (n = N = 24), integrada por 19 estudiantes y 5 docentes.



Nota. Datos institucionales de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Figura 1. Principales beneficiarios.

4.2 Beneficiarios secundarios

Los beneficiarios indirectos serán los docentes de Ingeniería Electromecánica, estudiantes de otros ciclos, futuros usuarios del laboratorio y miembros de la comunidad universitaria que participen en prácticas o demostraciones.

El módulo también podrá ser utilizado como referencia para futuros proyectos relacionados con automatización residencial, Internet de las Cosas, control de motores y sistemas inteligentes.

5 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

5.1 Problemática

La integración de sistemas domóticos requiere conocimientos provenientes de diferentes áreas de la ingeniería, debido a que intervienen instalaciones eléctricas, sensores, dispositivos de comunicación, sistemas de control y mecanismos de accionamiento. Las arquitecturas actuales distribuyen funciones entre dispositivos, redes, plataformas y aplicaciones, por lo que la interoperabilidad y la seguridad deben considerarse desde el diseño [12]. Esta interacción tecnológica permite desarrollar entornos residenciales capaces de responder automáticamente a determinadas condiciones y órdenes del usuario [5].

Pero la enseñanza práctica de estas tecnologías puede verse limitada cuando los laboratorios no cuentan con módulos que representen situaciones residenciales reales. El estudio por separado de interruptores, motores, sensores o dispositivos Wi-Fi no es suficiente para obtener una comprensión cabal de su funcionamiento como parte de un sistema total. En la carrera de Ingeniería Electromecánica de la UTC Extensión La Maná, percibimos la conveniencia de tener un módulo específico para la práctica de circuitos de residencias domóticas. En la actualidad los estudiantes requieren una plataforma donde puedan analizar conjuntamente la alimentación, protección, cableado, control, conectividad y respuesta de cada carga.

La carencia de este recurso dificulta el desarrollo de prácticas sobre iluminación inteligente, tomacorrientes controlados, sensores de presencia, termostatos, motores de corriente continua, mecanismos de apertura y asistencia virtual. También limita la posibilidad de verificar mediante instrumentos las condiciones eléctricas de cada circuito y comparar el control manual con el automático.

Esta situación genera una brecha entre los contenidos teóricos y las aplicaciones tecnológicas que los estudiantes pueden encontrar en proyectos residenciales modernos. Como consecuencia

de lo anterior se hace necesario implementar determinado módulo didáctico que integre instalaciones eléctricas, técnicas de automatización, mecánica y comunicación digital en un entorno seguro y reutilizable.

5.2 Pregunta científica

¿Cómo incidirá la implementación de un módulo didáctico domótico aplicado a circuitos eléctricos residenciales con asistencia virtual, en el desarrollo de las prácticas en el Laboratorio de Electromecánica de la UTC Extensión La Maná?

6 OBJETIVOS

6.1 Objetivo general

Implementar un módulo didáctico domótico aplicado a circuitos eléctricos residenciales con asistencia virtual para el desarrollo de las prácticas en el Laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná.

6.2 Objetivos específicos

- Fundamentar teóricamente los términos instalaciones eléctricas residenciales, domótica y asistencia virtual, mediante la revisión bibliográfica de fuentes confiables.
- Diseñar el módulo didáctico domótico con cinco circuitos residenciales integrando dispositivos inteligentes y asistencia virtual, conforme a las normativas vigentes.
- Implementar el módulo didáctico domótico con asistencia virtual, garantizando el correcto funcionamiento de los circuitos eléctricos residenciales.

7 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS DE RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

TABLA I. Actividades y sistema de tareas en relación con los objetivos

Objetivos específicos	Actividades	Resultados esperados	Técnicas e instrumentos
Fundamentar teóricamente los términos instalaciones eléctricas residenciales, domótica y asistencia virtual, mediante la revisión bibliográfica de fuentes confiables.	Revisión de la literatura científica y normativa relacionada con las instalaciones eléctricas de uso residencial, domótica, identificación de dispositivos o sensores conectados a la red y asistencia virtual. Estudio del funcionamiento de Sonoff, eWeLink, EZVIZ, Tuya, Amazon Alexa, sensores de movimiento, termostatos domóticos, relés, motores y finales de carrera. Identificación de los fundamentos técnicos que son aplicables al conjunto de los cinco circuitos emisores que conforman el módulo.	La determinación científico-técnica del proyecto. Identificación de principios de funcionamiento, características y normativa técnica de los elementos que crean el módulo. Justificación bibliográfica y normativa del diseño y de la comprensión.	Análisis bibliográfico y documental. Artículos científicos, libros, normas técnicas, fichas técnicas y manuales de fabricantes. Google Scholar, SciELO, Redalyc y repositorios universitarios. Fichas de análisis bibliográfico.
Diseñar y desarrollar el módulo didáctico de domotización con cinco	Establecer las necesidades técnicas y didácticas del módulo.	Diseño completo del módulo didáctico y domótico. Los cinco circuitos residenciales estipulados.	Observación directa. Revisión documental y normativa. Cálculos técnicos. AutoCAD. Autodesk

Objetivos específicos	Actividades	Resultados esperados	Técnicas e instrumentos
circuitos residenciales integrando dispositivos inteligentes y soporte por asistencia virtual, conforme a las normativas vigentes.	Establecer el diseño mecánico y la distribución de los cinco circuitos. Definir los esquemas eléctricos y los planos mecánicos de forma detallada. Realizar los cálculos de corriente, potencia, fuerza, velocidad y torque. Dimensionar conductores y protecciones. Seleccionar los componentes eléctricos, electrónicos y mecánicos.	Diagramas eléctricos y planos mecánicos elaborados. Cálculos de dimensionamiento desarrollados. Conductores, protecciones y componentes seleccionados de acuerdo con los requerimientos técnicos del proyecto.	Inventor Professional. Fichas técnicas y manuales de Productores. Medios de toma de datos y verificación del diseño, etc....
Implementar el módulo didáctico domótico con asistencia virtual, garantizando el correcto funcionamiento de los circuitos eléctricos residenciales.	Construir y montar la estructura del módulo de formación. Implementación y puesta en marcha de los cinco circuitos: iluminación a través de Sonoff, toma de corriente convencional e inteligente, sensor de movimiento, ventilador con termostato y puerta corredera automatizada. configuración	Módulo didáctico domótico implementado y en funcionamiento. Funcionamiento comprobado de los cinco circuitos. Integración de los dispositivos inteligentes y asistencia virtual. Registro de pruebas eléctricas, mecánicas y de conectividad. Valoración de la utilidad didáctica del módulo.	Pruebas experimentales. Observación guiada. Lista de cotejo. Registro de pruebas. Multímetro digital. Pinza amperimétrica. Cronómetro. Termómetro o lectura del termostato. Aplicaciones eWeLink, EZVIZ y Tuya. Amazon Alexa. Encuesta con

Objetivos específicos	Actividades	Resultados esperados	Técnicas e instrumentos
	de eWeLink, EZVIZ y Tuya y la integración de dispositivos compatibles con Amazon Alexa. Ejecución de pruebas eléctricas, mecánicas, de conectividad y de funcionamiento. Verificación de continuidad, polaridad, tensión, puesta en marcha de cargas, médico y de conectividad y funcionamiento. Verificación de continuidad, polaridad, tensión, puesta en marcha de cargas, médico, funcionamiento del sensor y termostato, apertura y cierre de la puerta y actuación de los finales de carrera. Aplicar la valoración a estudiantes y docentes.		escala de Likert. Microsoft Excel para tabulación y análisis.

Nota. Actividades y sistema de tareas de relación a los objetivos planteados

8 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1 Diseño estructural del módulo didáctico domótico

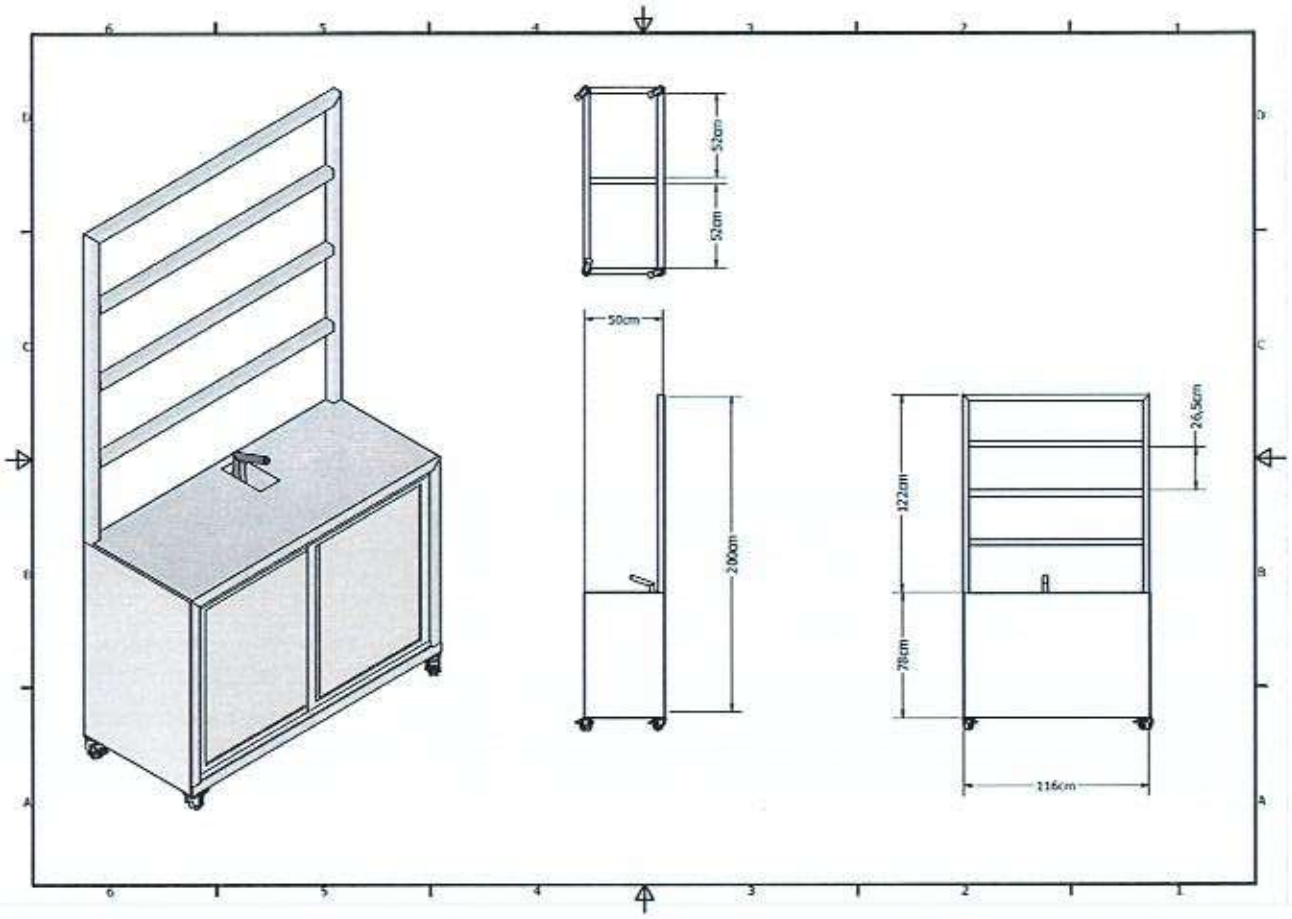
El diseño estructural del módulo didáctico domótico se desarrolló considerando criterios de resistencia, funcionalidad, accesibilidad y facilidad de desplazamiento dentro del Laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná. La estructura

se considera el soporte físico que albergará el montaje de los distintos circuitos eléctricos, los dispositivos domóticos, los sistemas de protección y los elementos mecánicos para que el prototipo pueda funcionar como un todo.

Este módulo se diseñó con una altura total aproximada de 200 cm, con un ancho frontal de 116 cm y una profundidad aproximada de 50 cm. La zona inferior de la misma tiene una altura del orden de 78 cm y la zona superior una altura aproximada de 122 cm, destinada a la distribución superficial de circuitos eléctricos y dispositivos domóticos. El plano de la estructura también previó separaciones de unos 52 cm (aproximadamente) para algunos elementos horizontales del panel superior.

La disposición estructural se sintetizó para que los estudiantes pudieran observar la distribución de los elementos, la delimitación de los enganches del cableado, realizar prácticas de conexión, de medida y de comprobación de forma directa y sin alterar instalaciones residenciales permanentes. De igual manera, la estructura incorpora ruedas en su parte inferior para facilitar el desplazamiento del equipo dentro del laboratorio. Debido a su carácter desplazable, se consideraron también los requisitos particulares aplicables a instalaciones eléctricas de unidades móviles o transportables [13].

En la zona inferior se ubica el gabinete principal, destinado a alojar parte de los componentes eléctricos, electrónicos y mecánicos. La sección superior funciona como panel didáctico para la instalación de luminarias, sensor de movimiento, tomacorrientes, dispositivos inteligentes y elementos de señalización.



Nota. Plano mecánico elaborado por los autores en Autodesk Inventor Professional.

Figura 2. Plano general del módulo didáctico domótico.

8.1.1 Distribución de los sistemas dentro del módulo

La distribución interna del módulo fue organizada considerando cinco circuitos principales, cada uno destinado a representar una aplicación particular de automatización residencial.

El primer circuito corresponde a la iluminación domótica, conformado por tres luminarias LED de 9 W y un dispositivo Sonoff de cuatro canales. El circuito número dos está compuestos por los tomacorrientes, en el que se incluye un tomacorriente tradicional y un tomacorriente inteligente. El tercer circuito está destinado a la utilización de un sensor de movimiento que controla de manera automática una luminaria de 20 W y el cuarto circuito está relacionado con el sistema de ventilación compuesto por un ventilador activado mediante un motor de 110 V controlado mediante un termostato inteligente. Por último, el quinto circuito se corresponde con

el sistema de puerta deslizable automatizada que se activa a partir de un motor de corriente continua de 12 V.

El plano eléctrico general confirma la existencia de estos sistemas y muestra su alimentación desde un interruptor termomagnético general bipolar de 20 A, seguido por breakers independientes de 16 A, 6 A y 2 A destinados a los diferentes circuitos.

Esta organización modular permitirá estudiar cada circuito de forma independiente y posteriormente analizar el comportamiento integral del sistema.

8.1.2 Diseño mecánico de la puerta corrediza

El sistema de puerta corrediza representa el principal componente electromecánico del módulo, su diseño incorpora un motor de corriente continua de 12 V encargado de producir el movimiento de apertura y cierre mediante un mecanismo de transmisión.

El sistema está compuesto por:

TABLA II. Sistema de puerta corredizа

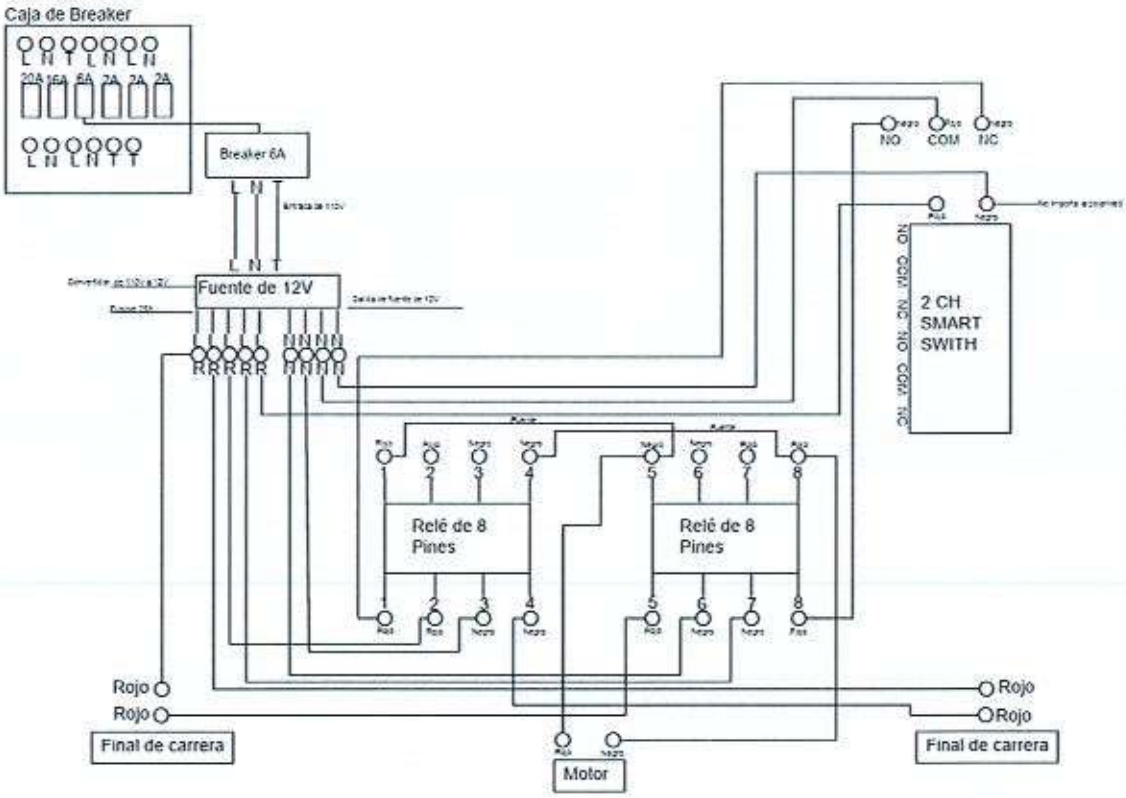
N.°	Elemento
1	Motor de 12 VCC
2	Piñón
3	Cremallera
4	Sistema de guía
5	Relés de 8 pines
6	Relé inteligente de dos canales
7	Finales de carrera
8	Fuente de alimentación de 12 VCC
9	Elementos de conexión y protección

Nota. El sistema de puerta corrediza representa el principal componente electromecánico del módulo.

El movimiento rotacional generado por el eje del motor será transformado en desplazamiento lineal mediante el contacto entre el piñón y la cremallera. Si el motor se pone a girar de un sentido la puerta se desplaza para abrirse y si se invierte la polaridad del motor a través de los relés, dicha puerta se desplaza en el sentido contrario para cerrarse.

Los finales de carrera se colocan en ambos extremos del recorrido para detener el motor, donde la puerta queda completamente abierta o completamente cerrada.

El diagrama eléctrico que se ha elaborado para este sistema indica la conexión de la alimentación de 12 V, de los dos relés de 8 pines, de los finales de carrera, del relé inteligente de dos canales y el motor. Asimismo, se identifica un breaker de 6 A en la entrada de la fuente y un fusible de protección en el circuito de corriente continua.



Nota. Plano mecánico elaborado por los autores en Autodesk Inventor Professional.

Figura 3. Diagrama del sistema de puerta corrediza automatizada.

8.1.3 Cálculos mecánicos de la puerta corrediza

Para seleccionar adecuadamente el motor y el mecanismo de transmisión fue necesario determinar la fuerza mínima requerida para desplazar la puerta, la velocidad lineal, la potencia mecánica y el torque necesario en el piñón.

Datos iniciales

Para los cálculos se consideran los siguientes parámetros proporcionados durante el diseño:

$$m = 2{,}5\ kg$$

donde:

m = masa de la puerta.

La aceleración de la gravedad se considera:

$$g = 9{,}81\ m/s^2$$

Para determinar la fuerza resistente durante el desplazamiento de la puerta corrediza se consideró el coeficiente de fricción cinética correspondiente al contacto aluminio–aluminio en condición limpia y seca. De acuerdo con [14], para esta combinación de materiales se reporta un coeficiente cinético aproximado de:

$$\mu k = 0{,}40$$

Este coeficiente se utilizará como referencia para estimar la resistencia generada durante el movimiento de la puerta.

Fórmula 1. Cálculo del peso de la puerta

El peso representa la fuerza ejercida por la gravedad sobre la masa de la puerta y se determina mediante: [15]

$$W = mg$$

Donde:

W = peso de la puerta, N.

m = masa, kg.

g = aceleración gravitacional, m/s2.

Sustituyendo:

$$W = (2{,}5)(9{,}81)$$

$$\boldsymbol{W = 24{,}525\ N}$$

Por lo tanto, el peso aproximado de la puerta es de 24,53 N.

Fórmula 2. Cálculo de la fuerza normal

Debido a que el movimiento de la puerta ocurre sobre un plano horizontal, la suma de fuerzas verticales se considera igual a cero: [16]

$$\sum Fy = 0$$

$$N - W = 0$$

$$N = W$$

$$\boldsymbol{N = 24,525\ N}$$

La fuerza normal ejercida sobre la superficie de contacto corresponde aproximadamente a 24,53 N.

Fórmula 3. Cálculo de la fuerza de fricción

La fuerza de fricción cinética se calcula mediante: [14], [15]

$$\boldsymbol{F_f = \mu k N}$$

Donde:

Ff = fuerza de fricción, N.

μk = coeficiente de fricción cinética.

N = fuerza normal, N.

Sustituyendo:

$$F_f = (0{,}40)(24{,}525)$$

$$F_f = 9{,}81\ N$$

Por lo tanto, la resistencia teórica producida por una superficie efectiva de contacto aluminio–aluminio es aproximadamente 9,81 N.

En los cálculos preliminares elaborados durante el diseño se consideraron dos componentes de fricción:

$$\boldsymbol{F > F_{r1} + F_{r2}}$$

$$F > 0{,}4mg + 0{,}4mg$$

$$F > 0{,}8mg$$

$$F > 0{,}8(2{,}5)(9{,}81)$$

$$F > 19{,}62\ N$$

Este valor únicamente resulta aplicable cuando el mecanismo posee dos resistencias independientes equivalentes. Por ello, en el documento definitivo deberá explicarse que la fuerza real depende del número de puntos de contacto y del mecanismo de guiado construido.

Fuerza de diseño

Para asegurar que el motor disponga de suficiente capacidad para iniciar y mantener el movimiento, se adoptó preliminarmente una fuerza de diseño de:

$$F_d = 30\ N$$

Este valor es superior a la fuerza resistiva teórica calculada y permite incorporar un margen para compensar pérdidas mecánicas, desalineaciones, variación del coeficiente de fricción y condiciones reales de montaje.

Fórmula 4. Cálculo de la velocidad lineal

De acuerdo con los datos experimentales proporcionados, se plantea un desplazamiento aproximado de: [15]

$$d = 0{,}60\ m$$

$$t = 5\ s$$

$$v = \frac{d}{t}$$

$$v = \frac{0{,}60}{5}$$

$$v = 0{,}12\ m/s$$

Por lo tanto, la puerta deberá desplazarse aproximadamente a una velocidad de 0,12 m/s.

Fórmula 5. Cálculo de la potencia mecánica requerida

La potencia mecánica necesaria para generar el desplazamiento se determina mediante: [15]

$$P = Fv$$

$$P = (30)(0{,}12)$$

$$P = 3{,}60\ W$$

La potencia mecánica mínima teórica requerida para producir el movimiento es aproximadamente 3,60 W.

Pero esta potencia representa únicamente el valor ideal. Durante la selección del motor deben considerarse pérdidas en la transmisión, eficiencia del motor, variación de la fricción y corriente de arranque.

Por esta razón, el motor seleccionado debe poseer una potencia nominal superior al valor teórico calculado.

Dimensionamiento del piñón

El sistema de transmisión utiliza un piñón con las siguientes características:

$$m = 4$$

$$Z = 10$$

Donde:

m = módulo del engranaje.

Z = número de dientes.

El diámetro primitivo del piñón se determina mediante: [17]

Fórmula 6. Diámetro primitivo del piñón

$$d_p = mZ$$

$$d_p = 4(10)$$

$$d_p = 40\ mm$$

El diámetro primitivo del piñón es de 40 mm.

Fórmula 7. Radio primitivo

El radio se obtiene mediante: [17]

$$r = \frac{d_p}{2}$$

$$r = \frac{40}{2}$$

$$r = 20\ mm$$

$$r = 0{,}020\ m$$

Fórmula 8. Cálculo del torque requerido

El torque necesario en el eje del piñón puede calcularse mediante: [15]

$$T = Fr$$

Donde:

T = torque, N·m.

F = fuerza de diseño, N.

r = radio primitivo del piñón, m.

Sustituyendo:

$$T = (30)(0{,}020)$$

$$T = 0{,}60\ \mathrm{N \cdot m}$$

Por lo tanto, el sistema requiere un torque aproximado de 0,60 N·m en el piñón para desarrollar la fuerza de diseño adoptada.

El motor seleccionado deberá proporcionar un torque igual o superior a este valor en el eje de salida.

Fórmula 9. Potencia y corriente del motor de 12 V

En los cálculos preliminares se consideró un motor de: [18]

$$P = 15\ W$$

$$V = 12\ V$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{15}{12}$$

$$I = 1{,}25\ A$$

La corriente nominal estimada corresponde a 1,25 A.

Es importante indicar que durante el arranque del motor la corriente puede superar el valor nominal; por ello, la fuente de alimentación y los elementos de conmutación deben poseer suficiente capacidad para soportar esta condición.

Selección preliminar de la fuente de alimentación

El circuito de la puerta utiliza una fuente que convierte la alimentación de 110 VCA a 12 VCC. El comprobante de compra entregado identifica una fuente de 12 V junto con relés, bases y finales de carrera destinados al sistema de apertura. Igual manera, el diagrama de conexión muestra que esta fuente alimenta los circuitos de control y accionamiento del motor.

La capacidad definitiva de la fuente deberá verificarse considerando:

1. Corriente nominal del motor;
2. Corriente de arranque;
3. Consumo de los relés;
4. Consumo del dispositivo inteligente;
5. Margen de seguridad.

8.2 Diseño eléctrico del módulo didáctico domótico

El diseño eléctrico del módulo didáctico se desarrolló con el propósito de integrar los circuitos residenciales convencionales con sistemas de automatización y control inteligente, permitiendo su utilización de forma segura durante las prácticas del Laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná.

La instalación cuenta con una alimentación principal monofásica de 110 VCA, desde donde se reparte la energía hacia los distintos circuitos usando un cuadro de protección. La instalación incluye un interruptor termomagnético general bipolar de 20 A y protecciones individuales de 16 A, 6 A y 2 A, según la funcionalidad de cada ramal. El plano general que hemos realizado nos muestra los circuitos de la iluminación, de los tomacorrientes, del sensor de movimiento, de la fuente de 12 VCC y de la ventilación automatizada. El hecho de que la distribución sea independiente facilita la localización de las fallas, la reparación de las mismas y la práctica de forma independiente. A su vez, cumple el principio de utilizar protecciones y sistemas de cableado de acuerdo a las características de las cargas. Respecto a las normas, la serie IEC 60364 establece principios básicos sobre diseño y sobre seguridad en las instalaciones eléctricas

de baja tensión, y la IEC 60364-5-52 se encarga de la selección e instalación de sistemas de cableado [13].

La arquitectura eléctrica general puede representarse de la siguiente manera:

Fórmula 10. Relación de corriente eléctrica

$$Red\ 110\ VCA \rightarrow Breaker\ general\ 2P - 20\ A \rightarrow Circuitos\ derivados$$

Los circuitos derivados son:

C1: Iluminación domótica

C2: Tomacorrientes

C3: Sensor de movimiento

C4: Ventilación automática

C5: Puerta corrediza

Esta división constituye la base para los diagramas eléctricos y los cálculos presentados a continuación.

8.2.1 Diagrama eléctrico general

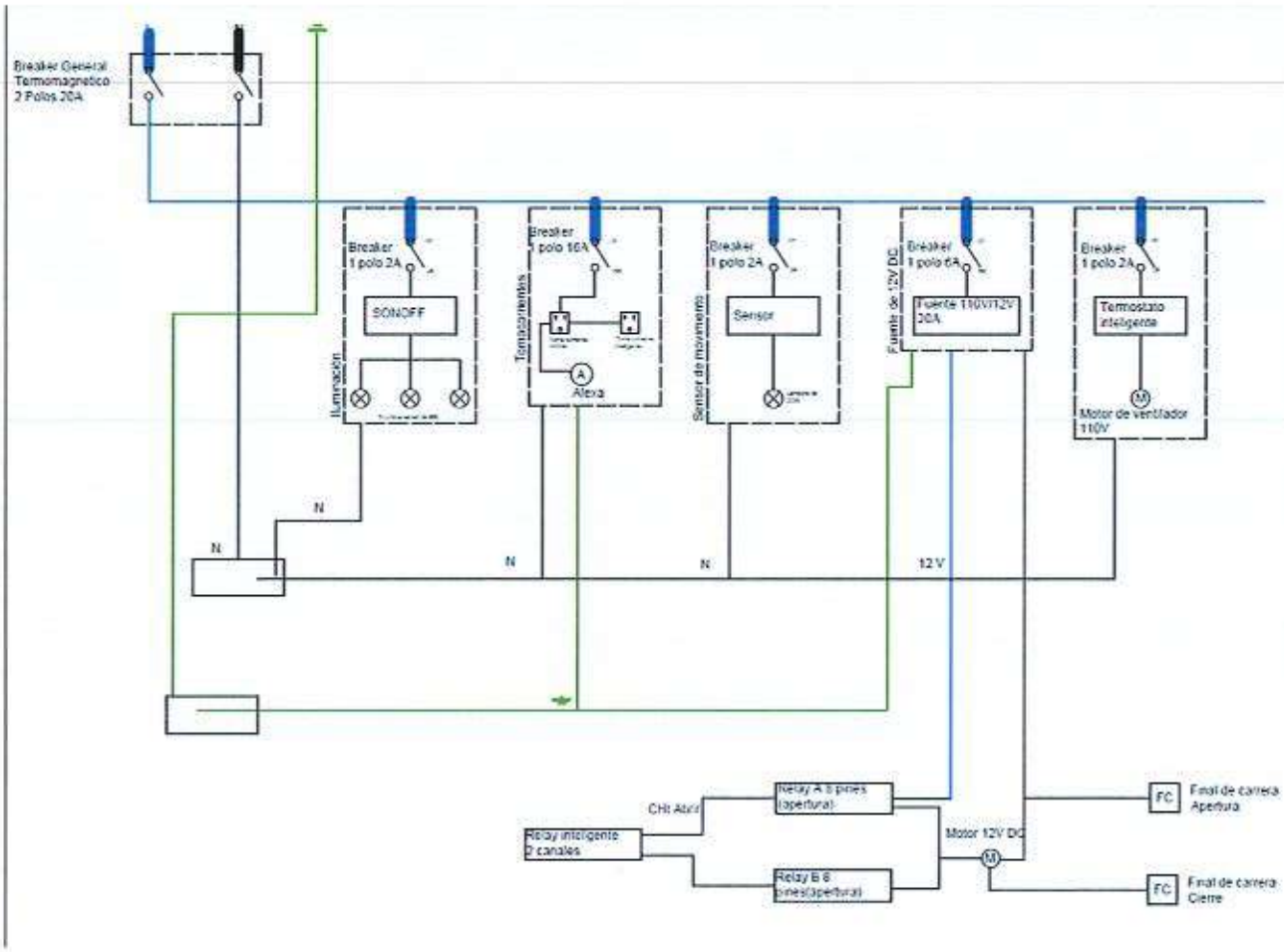
El diagrama eléctrico general representa la conexión entre la alimentación principal, el sistema de protección y los cinco circuitos que conforman el módulo. El breaker bipolar de 20 A permite realizar la desconexión general de la instalación, mientras que cada ramal dispone de una protección específica.

El esquema suministrado incluye claramente un breaker general termomagnético de dos polos y 20 A, junto con breakers de 16 A para tomacorrientes, 6 A para la fuente de 12 V y breakers de 2 A para iluminación, sensor y ventilación.

Justificación del cableado del tablero de distribución. La entrada principal al breaker general bipolar de 20 A se realizó mediante cable concéntrico 3 × 10 AWG, seleccionado por su robustez mecánica y por integrar los conductores de alimentación en una cubierta común, adecuada para el tramo de acometida del módulo. Desde la salida del breaker general de 20 A, la distribución interna hacia los breakers derivados de 16 A, 6 A, 2 A, 2 A y 2 A se ejecutó con conductor de cobre 8 AWG con aislamiento THHN. Este calibre, de mayor sección que los conductores de los circuitos finales, se utilizó como conductor común de distribución del tablero, mientras que el aislamiento THHN aporta resistencia térmica y mecánica apropiada

para canalización y montaje en gabinete. La selección final debe mantenerse coordinada con las protecciones instaladas y con las condiciones reales de montaje del módulo [15], [19], [20].

Fundamento normativo. La NEC-SB-IE establece que el diseño de las instalaciones eléctricas debe considerar la capacidad de corriente de los conductores y disponer de dispositivos de protección contra sobre corrientes y cortocircuitos. Asimismo, los tableros de distribución deben disponer de protecciones independientes para los diferentes circuitos. Por esta razón, la alimentación y distribución del módulo se estructuró mediante un breaker general y breakers derivados, seleccionando los conductores de acuerdo con la función y demanda prevista de cada tramo [21], [22].



Nota. Diagrama eléctrico elaborado por los autores en AutoCAD.

Figura 4. Diagrama eléctrico general del módulo didáctico domótico.

El diseño eléctrico del módulo considera criterios generales aplicables a instalaciones eléctricas de baja tensión. La norma IEC 60364-1 establece principios fundamentales relacionados con el diseño, la seguridad y las características generales de este tipo de instalaciones [23].

Nota de seguridad y alcance técnico. Las secuencias siguientes documentan las conexiones que fueron implementadas en el módulo y deben interpretarse junto con los diagramas elaborados en AutoCAD. No constituyen una guía para intervenir circuitos energizados. El montaje, la comprobación de ausencia de tensión y las pruebas se realizaron con los ramales desenergizados, bajo supervisión de personal calificado y aplicando los criterios de IEC 60364-1 y NFPA 70 [15], [24].

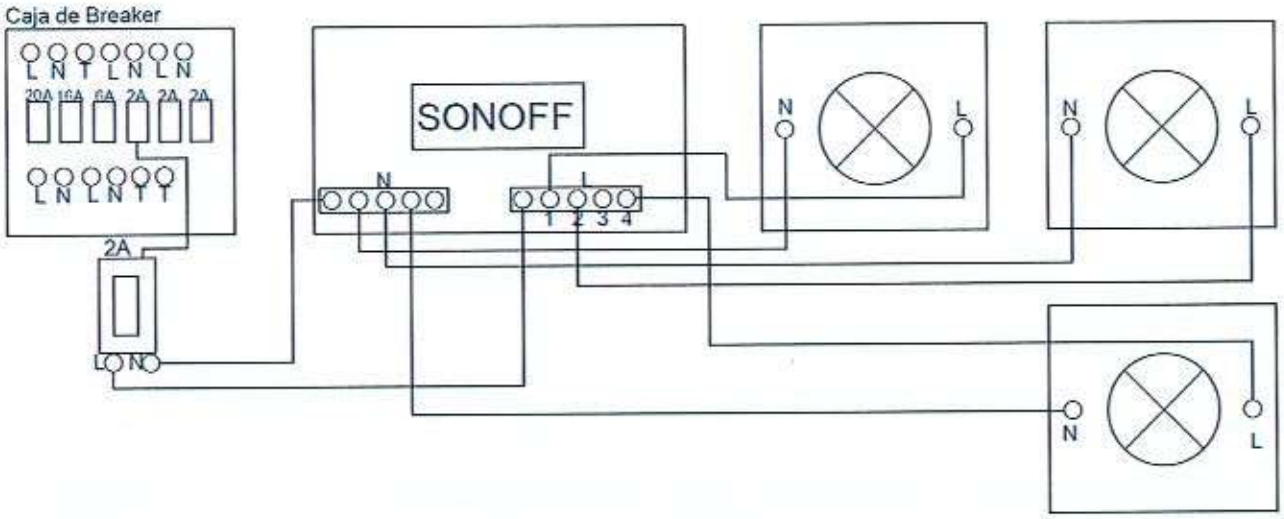
8.2.2 Circuito de iluminación domótica

El circuito de iluminación está constituido por tres luminarias LED de 9 W, tres plafones o boquillas y un dispositivo inteligente Sonoff de cuatro canales. El circuito permite el accionamiento independiente de las luminarias y su integración con el sistema de automatización.

El circuito de iluminación se deriva del interruptor general de 20 A y dispone de una protección termomagnética de 2 A. La línea y el neutro alimentan el Sonoff 4CH; tres salidas independientes controlan las tres luminarias LED de 9 W y el cuarto canal queda disponible para una futura ampliación. La comprobación se realiza con el sistema desenergizado y bajo supervisión de laboratorio [15], [19].

Justificación del cableado del circuito de iluminación controlado. En cuanto al cableado del circuito de iluminación operado con Sonoff, se utilizó conductor de cobre 14 AWG con aislamiento aprobado THHN, ya que resulta el suficiente para la escasa demanda de las tres luminarias LED de 9 W de potencia, con una corriente nominal aproximada de 0,25 A y, además, una sección completamente válida para las conexiones del módulo en cuestión. Se optó por aislamiento a base de THHN, por sus propiedades de resistencia térmica y por su adecuada aptitud para instalaciones interiores en canalización y que además fuera adecuado de acuerdo con la asignación al breaker de 2 A del ramal.

Fundamento normativo. La selección del conductor 14 AWG THHN para el circuito de iluminación se encuentra acorde con la NEC-SB-IE, que establece para circuitos de iluminación el empleo de conductores de cobre aislados tipo THHN con una sección mínima de 2,5 mm², equivalente a 14 AWG. Este criterio respalda el calibre utilizado para alimentar las tres luminarias LED de 9 W controladas mediante Sonoff [21].



Nota. Diagrama eléctrico elaborado por los autores en AutoCAD.

Figura 5. Diagrama eléctrico del circuito de iluminación mediante Sonoff.

Descripción de las conexiones y funcionamiento.

La descripción funcional por bloques del circuito mostrado en la Fig. 5 es la siguiente:

- **Protección y aislamiento.** Con el módulo desenergizado, el personal calificado verificó la ausencia de tensión, la identificación del interruptor general bipolar de 20 A y la protección de 2 A asignada al ramal de iluminación.
- **Dispositivo de control.** La alimentación del Sonoff 4CH se contrastó con el plano de AutoCAD y con la identificación del fabricante, manteniendo diferenciadas las funciones de alimentación, maniobra y protección.
- **Asignación de cargas.** Los canales 1, 2 y 3 corresponden a tres luminarias LED de 9 W, una carga por canal; el canal 4 permanece disponible para una futura ampliación.
- **Configuración digital.** El Sonoff se registró en la aplicación eWeLink con el usuario del proyecto y se asignó un nombre único a cada canal [25].
- **Configuración domótica del Sonoff.** El Sonoff se utiliza con la aplicación eWeLink para configurar de forma domótica los tres focos de 9 W y, de la misma manera, vincular el sistema con Alexa. Todas las aplicaciones utilizadas en el módulo deben configurarse con el mismo usuario del proyecto, debido a que el uso de cuentas diferentes puede impedir la vinculación correcta con Amazon Alexa.

El breaker general es de 20 A, 2 polos. El cable rojo y negro son línea y neutro que llega de la caja de distribución, por lo tanto, la línea llega a la entrada de línea de Sonoff, igual el negativo

a la entrada del Sonoff. El Sonoff tiene 4 canales, cada canal con su salida; L1, N1; L2, N2; L3, N3 y L4, N4. La salida de línea y neutro se dirige a la entrada de los focos de 9 W. Esto sería la conexión del Sonoff: canal 1, línea 1 y neutro 1 a la entrada del foco; canal 2, línea 2 y neutro 2 a la entrada del foco; canal 3, línea 3 y neutro 3 a la entrada del foco. Por seguridad, la ejecución física de estas conexiones de 110 V debe realizarse únicamente con el circuito desenergizado y por personal calificado, siguiendo la Fig. 5 y la documentación del fabricante.

El Sonoff se utiliza con la aplicación eWeLink para configurar de forma domótica y así mismo vincular a Alexa. Todas las aplicaciones que se descarguen deben configurarse con el mismo usuario, porque si se crean con diferentes usuarios no se podrá vincular a Alexa.

- **Distribución funcional de canales.** El Sonoff dispone de cuatro canales, los canales 1, 2 y 3 se destinan a los tres focos de 9 W y el canal 4 queda disponible. La alimentación, protección y conexiones físicas se interpretan únicamente mediante la Fig. 5 y la documentación técnica del fabricante, con el módulo desenergizado y bajo supervisión de personal calificado.
- **Integración con Alexa.** El servicio eWeLink se vinculó con el perfil de Amazon Alexa utilizado en el módulo, manteniendo la correspondencia entre el nombre digital y la luminaria física [25], [26].
- **Validación supervisada.** El personal calificado comparó el accionamiento local, el control desde eWeLink y el comando de voz desde Alexa, una luminaria a la vez.

El Sonoff realiza la maniobra independiente de las tres cargas, mientras la protección de 2 A limita el ramal de iluminación y el interruptor general permite la desconexión del módulo.

Fórmula 11. Potencia total de iluminación

La potencia instalada se determina mediante: [18]

$$P_T = nP_L$$

Donde:

P_T = potencia total del circuito, W.

n = número de luminarias.

P_L = potencia individual, W.

Para tres luminarias de 9 W:

$$P_T = 3(9)$$

$$P_T = 27\ W$$

Por tanto, la potencia instalada en el circuito de iluminación es de 27 W.

Fórmula 12. Corriente del circuito

Para una carga simplificada: [20]

$$\boldsymbol{I = \frac{P}{V}}$$

$$P = 27\ W$$

$$V = 110\ V$$

$$I = \frac{27}{110}$$

$$\boldsymbol{I = 0,245\ A}$$

La corriente nominal aproximada del circuito es de 0,25 A.

8.2.3 Circuito de tomacorrientes

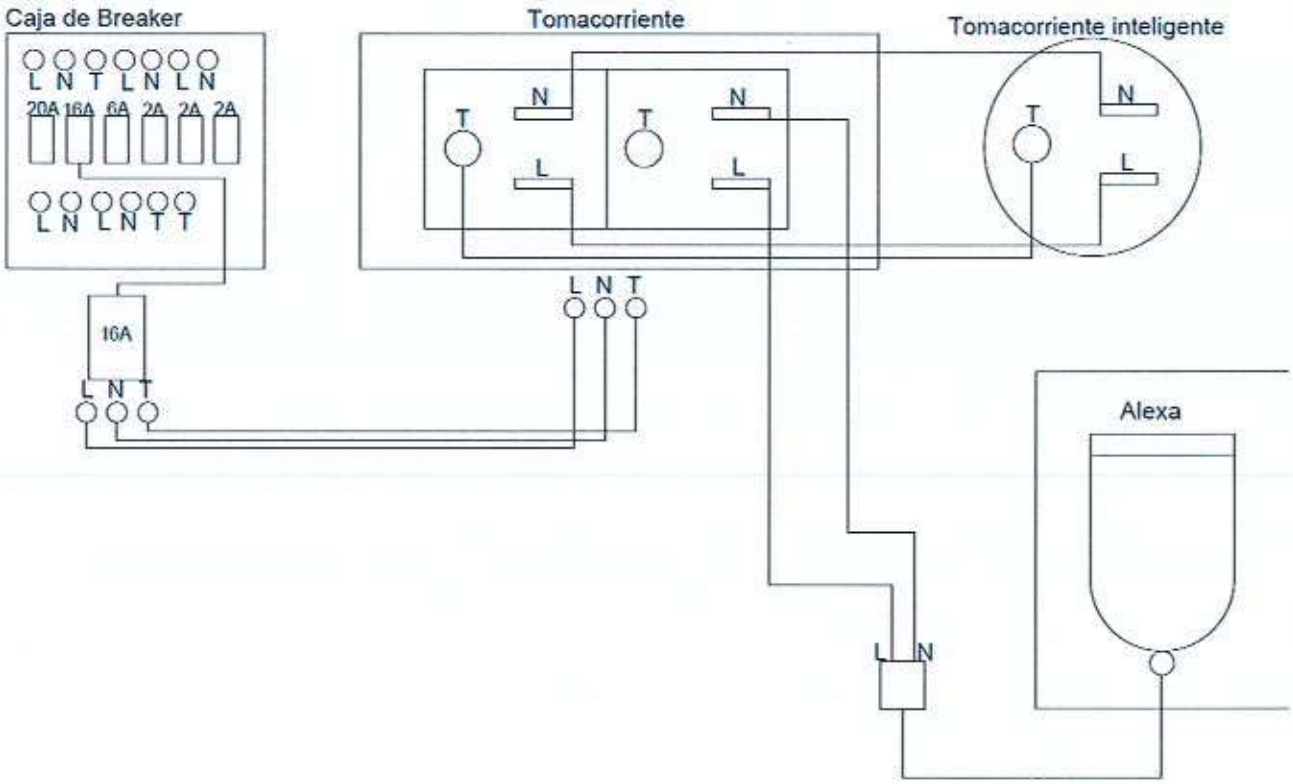
El segundo circuito está compuesto por un tomacorriente convencional y un tomacorriente inteligente, permitiendo comparar una instalación residencial tradicional con una instalación gestionada mediante dispositivos IoT.

El circuito de tomacorrientes se deriva del interruptor general hacia una protección de 16 A y conserva la identificación de línea, neutro y conductor de protección. El tomacorriente inteligente se incorpora como elemento controlado sin sustituir la protección del ramal. La verificación se limita a prácticas supervisadas y al calibre realmente instalado [15], [19].

Justificación del cableado del circuito del tomacorriente convencional y del tomacorriente inteligente. Para la instalación del tomacorriente convencional y del tomacorriente inteligente se empleó conductor de cobre de 12 AWG con un tipo de aislamiento con diseño TIIIIN. Se empleó uno de mayor sección que la utilizada en los circuitos de iluminación y de control, dado que los tomacorrientes pueden alimentar cargas variables y de mayor intensidad. El conductor de 12 AWG proporciona un grado de capacidad adecuado para el ramal protegido mediante

breaker de 16 A, a la vez que el aislamiento THHN mejora la seguridad y la durabilidad del cableado propio del módulo.

Fundamento normativo. Para el circuito de tomacorriente convencional e inteligente se utilizó conductor 12 AWG THHN. De acuerdo con la NEC-SB-IE, los circuitos de tomacorrientes deben utilizar conductores de cobre aislados tipo THHN con una sección mínima de 4 mm², equivalente a 12 AWG para fase y neutro. Por lo tanto, el calibre empleado en el módulo responde al criterio establecido para este tipo de circuito [21].



Nota. Diagrama eléctrico elaborado por los autores en AutoCAD.

Figura 6. Diagrama del circuito de tomacorriente convencional e inteligente.

Descripción de las conexiones y funcionamiento.

Pasos de conexiones de tomacorriente convencional y tomacorriente inteligente de 110 V.

El breaker general de 20 A, de dos polos, distribuye la alimentación hacia la protección correspondiente al circuito de tomacorrientes. Desde este ramal se alimentan el tomacorriente convencional y el tomacorriente inteligente, conservando las funciones de línea, neutro y tierra

de protección. La conexión física exacta debe verificarse en la Fig. 6 y en la identificación del fabricante antes de cualquier prueba.

El tomacorriente inteligente está adaptado junto al tomacorriente normal y se configura mediante la aplicación EZVIZ. Para la integración con Alexa se mantiene el mismo usuario del proyecto en las aplicaciones compatibles.

Transcripción de la hoja manuscrita "Toma corriente normal y toma corriente inteligente 110 V". Breaker general de 20 A, 2 polos, distribuye a un interruptor termomagnético destinado a los tomacorrientes; desde la salida se conserva línea, neutro y tierra hacia el tomacorriente normal. De la misma manera se realiza la conexión del tomacorriente inteligente, el cual está adaptado al tomacorriente normal. Para el tomacorriente inteligente se utiliza la aplicación EZVIZ. La conexión física de 110 V se interpreta mediante la Fig. 6 y debe ser realizada únicamente por personal calificado con el circuito desenergizado.

La descripción funcional del ramal mostrado en la Fig. 6 se organizó por bloques:

- **Protección del ramal.** Con el circuito desenergizado se verificó la relación entre el interruptor general de 20 A y la protección de 16 A correspondiente al circuito de tomacorrientes.
- **Distribución.** El plano muestra la derivación del ramal hacia el tomacorriente convencional y el tomacorriente inteligente, con las funciones de alimentación y protección claramente diferenciadas.
- **Comprobación eléctrica.** El personal calificado verificó continuidad, polaridad e integridad del conductor de protección antes de efectuar la prueba didáctica.
- **Aplicación EZVIZ.** El tomacorriente inteligente se incorporó a EZVIZ con el usuario del proyecto, se identificó con un nombre único y se comprobó su estado de conexión [27].
- **Integración con Alexa.** Cuando la compatibilidad del modelo y la región lo permitieron, el servicio EZVIZ se autorizó en el mismo perfil de Amazon Alexa empleado para el módulo [27], [26].
- **Validación supervisada.** La prueba comparó la disponibilidad permanente del tomacorriente convencional con el accionamiento remoto del tomacorriente inteligente, dentro de la capacidad prevista del ramal.

Esta disposición permite analizar en un mismo módulo la diferencia entre un circuito convencional y otro gestionado mediante IoT, manteniendo una protección común y terminales claramente identificados.

Para este circuito no es técnicamente correcto calcular una corriente de utilización con una potencia fija si todavía no se conoce la carga que será conectada. En consecuencia, el dimensionamiento se realizará a partir de la capacidad nominal del tomacorriente y del conductor seleccionado.

La capacidad prevista es:

$$I_N = 15\ A$$

Mientras que el dispositivo termomagnético instalado corresponde a:

$$I_B = 16\ A$$

Esto permite utilizar el circuito para cargas didácticas dentro de la capacidad nominal de los dispositivos, evitando sobrepasar los valores definidos por los fabricantes.

8.2.4 Circuito del sensor de movimiento

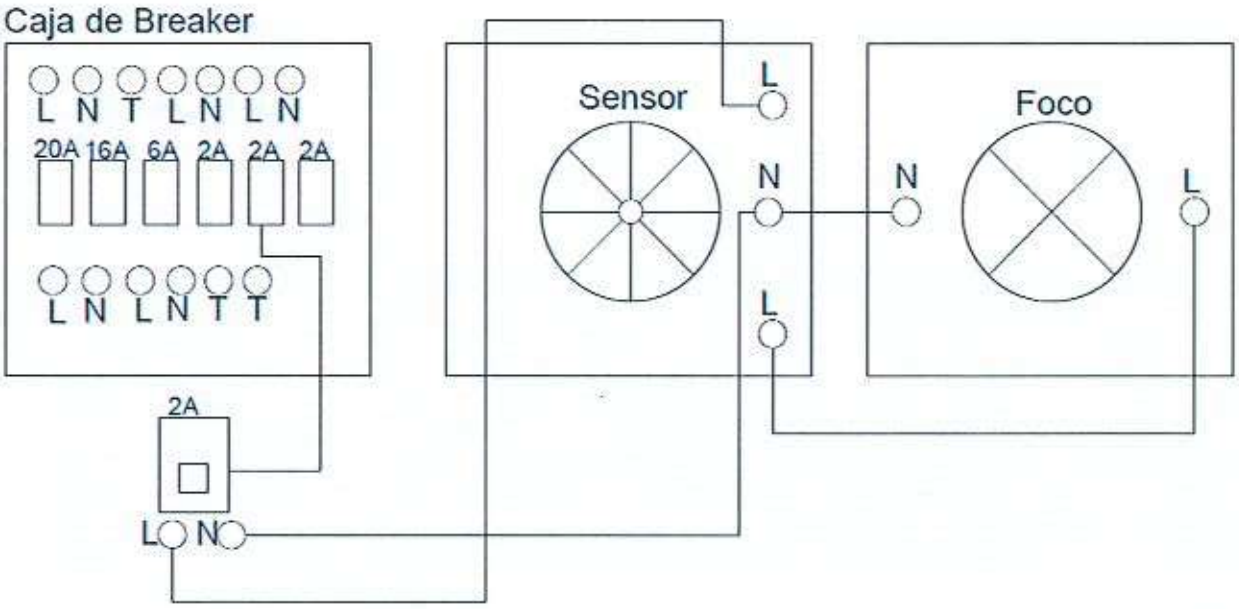
El tercer circuito incorpora un sensor de movimiento destinado a accionar automáticamente una luminaria de 20 W cuando se detecte presencia dentro de su área de cobertura.

El ramal del sensor se alimenta mediante una protección de 2 A. El sensor recibe línea y neutro, y su salida controlada acciona la luminaria de 20 W. La representación conserva la separación entre alimentación, control y carga, como se muestra en la figura correspondiente [15], [19].

Justificación del cableado del circuito del sensor de movimiento y la luminaria. Para el circuito del sensor de movimiento y la luminaria de 20 W se utilizó conductor de cobre 14 AWG con aislamiento TIIIIN. La carga presenta una corriente aproximada de 0,18 A, por lo que este calibre ofrece capacidad suficiente para la operación del circuito y, al mismo tiempo, resistencia mecánica apropiada para las conexiones del panel didáctico. El ramal se encuentra limitado por una protección termomagnética de 2 A.

Fundamento normativo. Debido a que el sensor de movimiento controla una luminaria de 20 W, su cableado forma parte del circuito de iluminación del módulo. En conformidad a la NEC-

SB-IE, se utilizó conductor de cobre de 14 AWG con aislamiento THHN, que es el que corresponde a la sección mínima requerida para circuitos de lámparas. La selección es de la misma forma la requerida para mantener coordinación con la protección termomagnética asignada al ramal [21], [22].



Nota. Diagrama eléctrico realizado por los autores utilizando AutoCAD.

Figura 7. Diagrama del sensor de movimiento y luminaria de 20 W.

Descripción de las conexiones y explicaciones del funcionamiento.

El recorrido funcional del circuito correspondiente a la Fig. 7 es el siguiente:

1. El interruptor general de 20 A alimenta a un interruptor termomagnético de 2 A para el ramal del sensor de movimiento.
2. La alimentación protegida llega al bloque de detección definido e identificado en el plano como sensor de movimiento.
3. La salida controlada del sensor de movimiento gobierna la luminaria de 20 W, manteniendo diferenciados los bloques de alimentación, control y carga.
4. En el momento en que el transductor detecta un movimiento en la zona previamente programada, activa la carga durante el tiempo previamente configurado.

5. Al terminarse el tiempo de retardo y sin una nueva detección, la salida se desactiva y la lámpara vuelve a reposar.

La secuencia nos permite analizar la relación entrada-proceso-salida: detección de presencia, temporización y automatización del accionamiento de la carga.

Descripción de las conexiones y funcionamiento.

La acotación encabezada como "Sensor de movimiento 110 V" se estableció funcionalmente de acuerdo con la Fig. 7:

Breaker general de 20 A, 2 polos, distribuye para sensor de movimiento un interruptor termomagnético de 2 A, 1 polo. La línea y neutro salen hacia la entrada del sensor de movimiento y la salida se dirige a un foco de 20 W. El sensor tiene entrada de L y N para dar el funcionamiento correcto a las conexiones. Por seguridad, los bornes y conductores de 110 V deben comprobarse con el circuito desenergizado, de acuerdo con la Fig. 7 y el manual del fabricante.

- **Protección.** Una vez desenergizado el módulo, se revisó la derivación del interruptor general a la protección de 2 A correspondiente al sensor.
- **Control y carga.** Se contrastó el bloque de alimentación del sensor y su salida controlada a la luminaria de 20 W con el plano de AutoCAD y la etiqueta del fabricante.
- **Validación mediante supervisión.** Se revisó la detección de presencia y el encendido de la luminaria y el retorno de la salida al estado reposo finalizado el tiempo preestablecido.

Fórmula 13. Cálculo de corriente

Se aplica: [20]

$$I = \frac{P}{V}$$

$$P = 20\ W$$

$$V = 110\ V$$

$$I = \frac{\mathbf{20}}{\mathbf{110}}$$

$$P = 0{,}182\ A$$

La corriente aproximada requerida por la luminaria corresponde a 0,18 A.

El breaker de 2 A permite proteger el ramal, siempre que exista coordinación con el conductor utilizado y con la capacidad nominal del sensor.

8.2.5 Circuito de ventilación automatizada

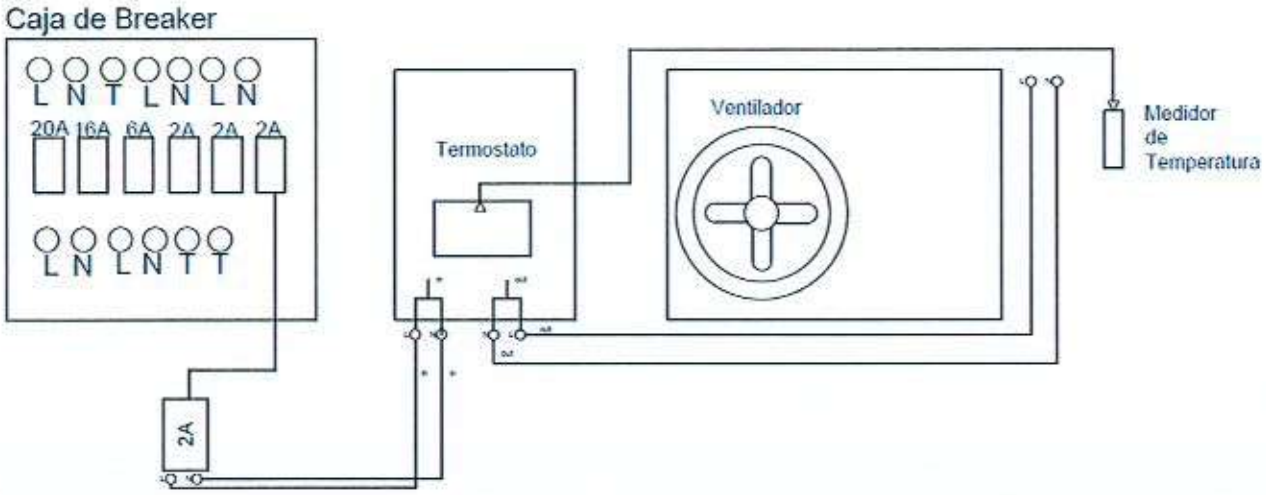
El sistema de ventilación está compuesto por un ventilador accionado mediante un motor de aproximadamente 110 V y 60 W, acompañado de un termostato inteligente que permite controlar automáticamente su funcionamiento según la temperatura establecida.

El sistema de ventilación utiliza una protección de 2 A, la alimentación llega al termostato y la salida controlada energiza el ventilador de 110 V y 60 W cuando se cumple la condición de temperatura. El montaje se documenta como circuito funcional y se verifica bajo supervisión [15], [19].

Justificación del cableado del circuito del ventilador. El circuito del ventilador de 110 V y 60 W se cableó con conductor de cobre 14 AWG con aislamiento THHN. Considerando que la corriente nominal calculada del ventilador es aproximadamente 0,55 A, este conductor posee capacidad suficiente para la carga y permite soportar con margen las condiciones normales de funcionamiento. Su aislamiento THHN fue seleccionado para el montaje interior del módulo y el ramal se coordina con el breaker de 2 A.

Fundamento normativo. La selección del conductor para el circuito del ventilador se realizó considerando la corriente demandada por la carga y la coordinación con su dispositivo de protección. La NEC-SB-IE establece requisitos mínimos para el diseño seguro de las instalaciones eléctricas interiores, mientras que el RTE INEN 091 determina requisitos de seguridad aplicables a los aparatos de conmutación y protección de bajo voltaje utilizados en

los circuitos eléctricos [21], [22].



Nota. Diagrama eléctrico elaborado por los autores en AutoCAD.

Figura 8. Diagrama del sistema de ventilación mediante termostato inteligente.

Descripción de las conexiones y funcionamiento.

Conexiones paso a paso del termostato inteligente para controlar un ventilador a 110 V y 60 W.

Paso 1. Alimentación al termostato (entrada). El circuito parte de la protección 2 A dedicada al sistema de ventilación. La identificación de los bornes de entrada en el termostato se hace tal como se muestra en la Fig. 8 y el manual del fabricante.

Paso 2. Salida hacia el ventilador. La salida controlada del termostato alimenta el ventilador a 110 V y 60 W. La identificación de los conductores y bornes se hace tal cual el que se adjunta en el esquema funcional y su comprobación se hace con el ramal energético desactivado y la supervisión de un técnico calificado.

Conexiones del termostato inteligente para controlar un ventilador de 110 V de 60 W.

Paso 1: Alimentación al termostato (entrada). Desde el interruptor de 2 A se hace la alimentación de la entrada del termostato.

Paso 2: Salida al ventilador. La salida del termostato se acompasa funcionalmente con la fase y el neutro del ventilador. Por tratarse de 110 V, la identificación exacta de terminales se mantiene en la Fig. 8 y en el manual del fabricante y debe ser verificada por personal calificado con el circuito desenergizado.

La conexión funcional del termostato y el ventilador, representada en la Fig. 8, se explica mediante los siguientes bloques:

- **Protección y aislamiento.** Una vez desenergizado el ramal, el personal cualificado comprobó la protección de 2 A asignada al circuito de ventilación y la ausencia de tensión antes de revisar el sistema.
- **Entrada del termostato.** El bloque de entrada se contrasta con el plano de AutoCAD y la identificación que aparece en el fabricante; la descripción de los bornes la incorporan el plano y el manual del propio equipo.
- **Salida y carga.** Salida y carga. El bloque de salida a controlar, que genera la carga del ventilador de 110 V y 60 W, así como el salvar la protección del ramal.
- **Aplicación Tuya.** El termostato se registró en Tuya con el usuario del proyecto; desde la aplicación se configuró la consigna y se observó el estado de la salida [28].
- **Integración con Alexa.** El servicio Tuya se vinculó con el perfil de Amazon Alexa del módulo para las funciones compatibles, manteniendo un nombre único para el ventilador [28].
- **Validación supervisada.** Se confirmó la lectura de temperatura y la respuesta de encendido y apagado del ventilador ante la condición programada.

El control obtenido es de tipo todo/nada: el ventilador se energiza cuando la condición térmica activa la salida y se detiene cuando dicha condición deja de cumplirse.

El principio de operación puede representarse de manera simplificada mediante:

$$T_m \geq T_c \Rightarrow \boldsymbol{ventilador\ ON}$$

$$T_m < T_c \Rightarrow \boldsymbol{ventilador\ OFF}$$

Donde:

T_m = temperatura medida.

T_c = temperatura configurada.

Fórmula 14. Corriente nominal aproximada

Utilizando inicialmente la relación: [20]

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{60}{110}$$

$$I = 0,545\ A$$

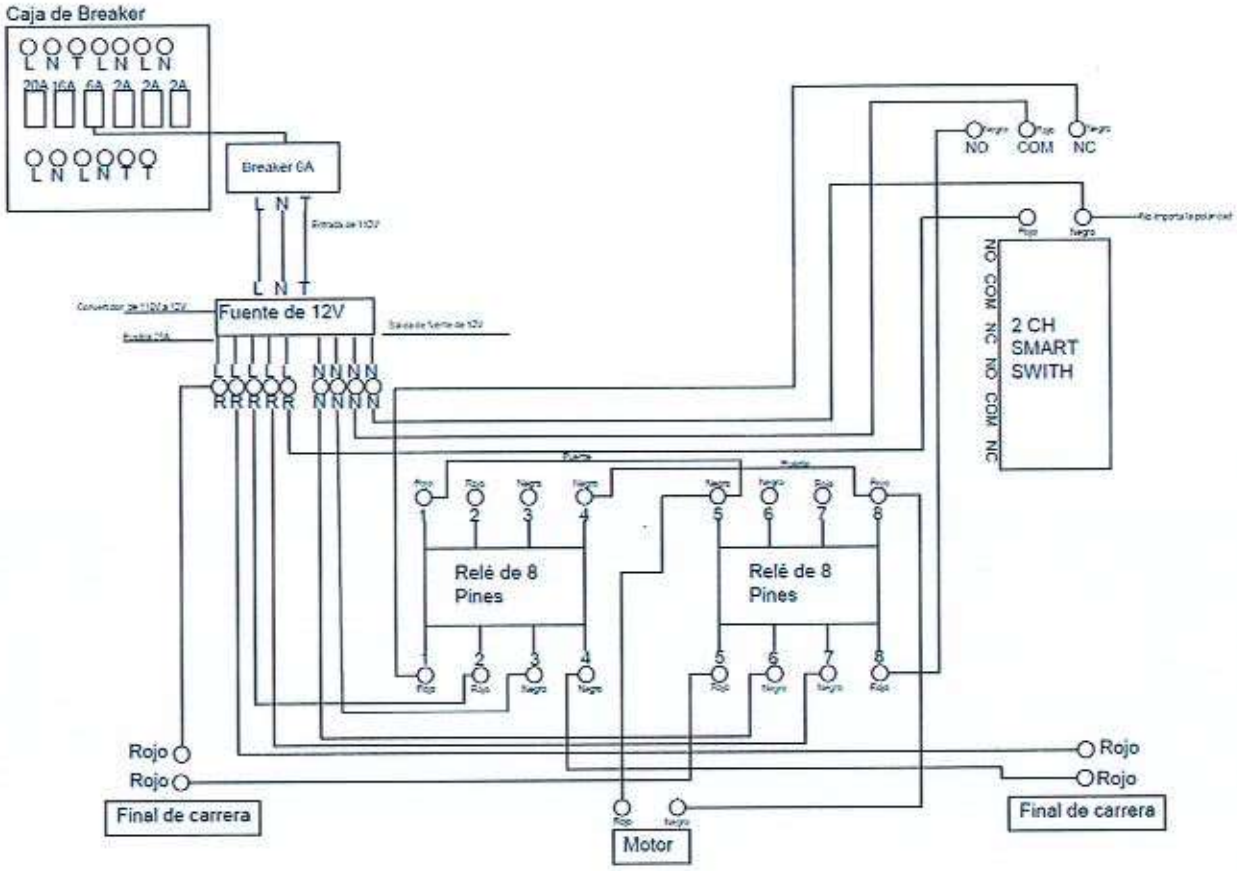
8.2.6 Circuito eléctrico de la puerta corrediza

El circuito de la puerta convierte la alimentación de 110 VCA en 12 VCC mediante una fuente de alimentación y utiliza relés para controlar la dirección del motor.

El sistema de puerta emplea una protección de 6 A en la entrada de la fuente de 12 VCC. Dos relés electromecánicos realizan la inversión de polaridad del motor y los finales de carrera interrumpen el accionamiento en las posiciones de apertura y cierre. El relé inteligente de dos canales entrega las órdenes de movimiento, mientras el enclavamiento evita órdenes simultáneas.

Justificación del cableado del circuito de la puerta corrediza. Para el circuito de la puerta corrediza se utilizó conductor de cobre 14 AWG con aislamiento THHN en las conexiones de alimentación y control previstas en el montaje. Este calibre se seleccionó considerando la demanda del sistema, el motor de 12 V, los relés y los elementos auxiliares, además de la necesidad de disponer de un conductor con adecuada resistencia mecánica para las conexiones repetitivas del módulo didáctico. La alimentación de la fuente se encuentra protegida mediante breaker de 6 A y la parte de 12 VCC debe conservar la protección y coordinación establecidas en el diseño.

Fundamento normativo. Para el circuito eléctrico de la puerta corrediza, la selección de conductores y protecciones se realizó considerando la demanda de los elementos que conforman el sistema y los criterios generales de seguridad para instalaciones de bajo voltaje. La NEC-SB-IE establece requisitos mínimos para la correcta selección y ejecución de las instalaciones eléctricas interiores, mientras que el RTE INEN 091 establece requisitos de seguridad para dispositivos de corte, protección, derivación y conmutación de circuitos eléctricos [21], [22].



Nota. Diagrama eléctrico elaborado por los autores en AutoCAD.

Figura 9. Diagrama eléctrico de la puerta corrediza automatizada.

Descripción de las conexiones y funcionamiento.

La identificación exacta de pines, bornes y conductores se mantiene en la Fig. 9 y en la documentación del prototipo, debido a que corresponde a una instalación eléctrica que debe ser interpretada y comprobada por personal calificado.

Sistema eléctrico y puerta corrediza controlada por un motor de 12 V:

Paso 1. Breaker general de 20 A, 2 polos, que distribuye a un breaker de protección de 6 amperios. La fuente convierte la alimentación de entrada a 12 V y dispone de salidas identificadas L, N y T. La parte de 110 V debe interpretarse únicamente mediante la Fig. 9 y ser intervenida por personal calificado con el circuito desenergizado.

El cable rojo sale de la fuente de 12 V e ingresa al transformador/fuente de 12 V a la entrada L. El cable negro corresponde a la entrada N y el cable verde a la entrada de tierra T, según la identificación del equipo.

Paso 2. El positivo y negativo que salen de la fuente de 12 V.

Paso 3. El cable rojo que sale de la fuente de 12 V ingresa a un positivo del interruptor inteligente.

Paso 4. El cable negro que sale de la fuente de 12 V ingresa al negativo del interruptor inteligente.

Paso 5. Un negativo que sale de la fuente de 12 V ingresa al relé, tercer pin de la parte de abajo.

Paso 6. Un negativo que sale de la fuente de 12 V ingresa al pin 6 de la parte baja del relé.

Paso 7. Un negativo que sale de la fuente de 12 V ingresa a la entrada COM del interruptor inteligente.

Paso 8. Un positivo que sale de la fuente de 12 V ingresa al pin 7 de la parte baja del relé.

Paso 9. Un positivo que sale de la fuente de 12 V ingresa al positivo de final de carrera.

Paso 10. El positivo que va de salida de la fuente de 12 V llega al pin 2 de la parte baja del relé.

Paso 11. El P1 de final de carrera ingresa al pin 5 de la parte baja del relé.

Paso 12. El P1 del otro final de carrera ingresa al pin 4 de la parte baja del relé.

Paso 13. El pin 8 que sale de la parte alta del relé ingresa al negativo del motor de 12 V.

Paso 14. El pin 5 de la parte alta del relé ingresa al positivo del motor.

Paso 15. El pin 4 de la parte alta del relé va puenteado con el pin 8 de la parte alta del relé.

Paso 16. El pin 1 de la parte alta del relé va puenteado con el pin 5 de la parte alta del relé.

Paso 17. El pin 8 de la parte baja del relé ingresa al NO del interruptor inteligente.

Paso 18. El pin 1 de la parte baja del relé ingresa al NC del interruptor inteligente.

Paso 19. El interruptor inteligente está trabajando con un solo pulsador, tanto para abrir la puerta y cerrar la puerta. El pulsador es manual P1 que está en el interruptor inteligente.

Paso 20. Después de toda la conexión, la puerta corrediza ya puede funcionar con el interruptor físico que tenemos, también se puede controlar la puerta con una aplicación y enlazando con Alexa para hacer domótica. La aplicación se llama Tuya y, por medio de Alexa, también se controla con una palabra a la puerta. La puerta de la casa del módulo, para acoplar y desacoplar cuando estamos sin luz eléctrica, tiene una palanca, se le presiona un botón y, haciendo fuerza

hacia arriba, con eso se desacopla la puerta, así mismo, presionando el botón y haciendo hacia abajo, se acopla nuevamente.

Como se muestra en la Fig. 10, se incorpora la palanca utilizada para el acople y desacople mecánico de la puerta corrediza:

Paso 1. El breaker general de 20 A y dos polos distribuye la alimentación hacia la protección de 6 A destinada a la fuente de 12 V. La fuente entrega las salidas de baja tensión utilizadas por el sistema de control de la puerta corrediza.

Paso 2. La salida de 12 V alimenta el interruptor inteligente, los relés electromecánicos, los finales de carrera y el motor, manteniendo diferenciadas las funciones de positivo y negativo.

Paso 3. El interruptor inteligente genera las órdenes de apertura y cierre del sistema.

Paso 4. Reciben las órdenes de mando los relés electromecánicos realizan la inversión de polaridad necesaria para invertir el sentido de giro del motor de 12 V.

Paso 5. Los finales de carrera están situados en los extremos del recorrido y detienen el movimiento de la puerta al llegar a la posición de apertura y cierre.

Paso 6. El motor de 12 V pone en funcionamiento el mecanismo mecánico de la puerta a través del sistema de transmisión.

Paso 7. El pulsador del interruptor inteligente posibilita el mando local por impulso para abrir o cerrar la puerta.

Paso 8. Después de completar la conexión y la verificación supervisada, la puerta puede controlarse mediante la aplicación Tuya y vincularse con Alexa utilizando el mismo usuario del proyecto.

Paso 9. Para el funcionamiento manual se incorporó una palanca adaptada como elemento de acople y desacople del mecanismo.

Como se muestra en la Fig. 10, la palanca permite realizar el acople y desacople mecánico de la puerta corrediza cuando el módulo se encuentra desenergizado.

- **Fuente y protección.** La protección que hace la función de interruptor general de la fuente está integrada en todo el sistema, así como la separación que proyecta la entrada de 110 VCA con el circuito de control de 12 VCC.

- **Alimentación de control.** La fuente es el bloque de baja tensión dedicado a la alimentación del relé inteligente, los relés electromecánicos, los finales de carrera y la unidad de motor.
- **Órdenes de movimiento**. El relé inteligente de dos canales genera dos órdenes que son independientes: el abrir y el cerrar.
- **Etapa de mando.** Cada orden actúa sobre el bloque de relés electromecánicos, la salida inteligente no alimenta directamente el mecanismo.
- **Inversión de giro.** Los relés electromecánicos componen la etapa que transforma la polaridad aplicada al motor de 12 VCC.
- **Finales de carrera.** Los dispositivos que están ubicados en los extremos del recorrido bloquean la orden correspondiente al llegar a posición de apertura o de cierre.
- **Enclavamiento.** La lógica evita las órdenes simultáneas incompatibles y disminuye los esfuerzos que son innecesarios sobre el motor y sobre la transmisión.
- **Mando local.** El pulsador del módulo funciona como interfaz local por impulso para las funciones previstas en el prototipo.
- **Control digital.** El relé inteligente se registró en Tuya con el usuario del proyecto y el servicio se vinculó con el mismo perfil de Amazon Alexa utilizado para las funciones compatibles [28], [26].
- **Validación supervisada.** El grupo de personal calificado, comprobó de forma separada apertura, detención en un extremo, cierre, detención en el extremo opuesto y respuesta de los mandos local, móvil y por voz.

El mecanismo tiene como elemento manual de acople y desacople una palanca de freno de mano adaptada. Como muestra la Fig. 10, su función es la de liberar mecánicamente el accionamiento para inspección o desplazamiento manual exclusivamente cuando el módulo está desenergizado.



Nota. Registro fotográfico de los autores, palanca adaptada para el accionamiento manual del mecanismo.

Figura 10. Palanca utilizada para el acople y desacople mecánico de la puerta corrediza.

Este sistema de inversión de giro a 12 VCC hace uso de relés en el proceso de cambio de la polaridad aplicada al motor, finales de carrera que detienen el movimiento en cada extremo y un dispositivo inteligente que genera las órdenes de apertura y cierre. Los relés tienen como función cambiar la polaridad aplicada al motor:

$$(+, -) \Rightarrow \text{giro 1}$$

$$(-, +) \Rightarrow \text{giro 2}$$

El primer sentido es el que permite la apertura y el segundo es el que permite realizar el cierre. Los finales de carrera son elementos actuadores de parada. Al llegar la puerta a uno de los extremos, el final del recorrido correspondiente detiene la orden de movimiento, evitando que el motor continúe poniendo en funcionamiento el mecanismo.

Fórmula 15. Corriente nominal del motor de 12 V

Habiendo considerado la potencia de diseño de 15 W, tenemos: [18]

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{15}{12}$$

$$I = 1{,}25\ A$$

El motor requeriría una corriente aproximada de 1,25 A en las condiciones nominales, sin tener en cuenta la corriente transitoria de arranque.

Fórmula 16. Potencia de la fuente instalada

De acuerdo con el material adquirido, se dispone de una fuente de:

Vs = 12 V

Is = 20 A

La potencia eléctrica máxima teórica de salida será: [18]

$$P_8 = V_8 I_8$$

$$P_8 = (12)(20)$$

$$P_8 = 240\ W$$

Por tanto, la fuente dispone teóricamente de una capacidad máxima de 240 W a 12 V, esto proporciona un margen considerable para la corriente de arranque y los dispositivos auxiliares, pero en las pruebas experimentales será necesario medir el consumo real y verificar que la protección instalada sea compatible con el cableado y las especificaciones de la propia fuente.

8.3 Selección y descripción técnica de los componentes del módulo

La selección de los componentes eléctricos, electrónicos y electromecánicos se realizó considerando las características particulares de los cinco circuitos que conforman el módulo didáctico domótico, la facilidad de adquisición de los equipos, compatibilidad entre dispositivos, seguridad de operación, posibilidad de mantenimiento y aplicación dentro de las prácticas de Ingeniería Electromecánica.

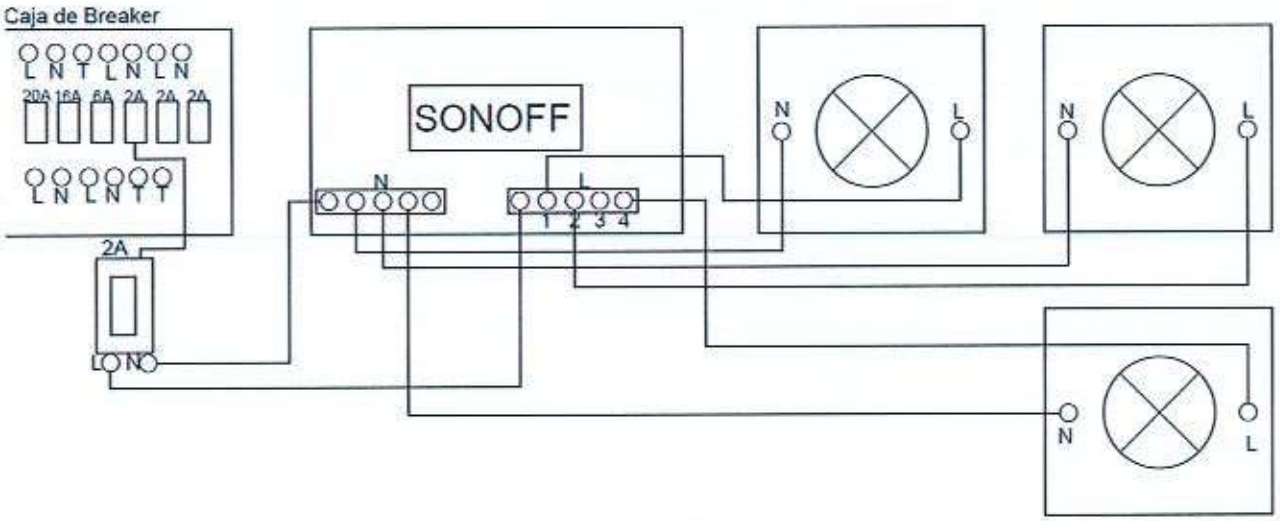
Los componentes adquiridos permiten integrar sistemas convencionales de instalaciones eléctricas residenciales con tecnologías de automatización, control remoto y asistencia virtual. De esta manera, el estudiante puede identificar físicamente cada dispositivo, analizar sus

terminales, interpretar su diagrama de conexión, efectuar mediciones y posteriormente observar su comportamiento dentro de un sistema automatizado.

La selección también guarda relación con el segundo objetivo específico de la investigación, orientado a fundamentar el funcionamiento de los sistemas domóticos, dispositivos inteligentes, asistentes virtuales, instalaciones eléctricas residenciales y mecanismos de accionamiento aplicables al módulo didáctico.

8.3.1 Dispositivo inteligente Sonoff de cuatro canales

Para el circuito de iluminación se adquirió un dispositivo Sonoff de cuatro canales, cuyo costo consta en los comprobantes reales proporcionados para el proyecto. Su función dentro del módulo consiste en proporcionar salidas independientes para el accionamiento de las luminarias y permitir la integración entre los circuitos eléctricos y el sistema domótico.



Nota. El diagrama desarrollado para el proyecto muestra que el dispositivo recibe alimentación desde un breaker de 2 A y distribuye las salidas correspondientes a sus diferentes canales hacia las cargas de iluminación.

Figura 11. Dispositivo Sonoff de cuatro canales utilizado en el módulo

El proyecto contempla la utilización de tres de los canales disponibles para accionar tres luminarias LED de 9 W, lo que lleva a mantener cada punto de luz como una salida independiente y un canal extra para futuras ampliaciones. La plataforma eWeLink se ha decidido utilizar en el módulo como la interfaz de control de los dispositivos Sonoff y enlace de funcionamiento con el asistente virtual. Desde la perspectiva arquitectónica, las plataformas de hogar inteligente vinculan dispositivos, servicios de red e interfaces de usuario para ejecutar

monitoreo y control remoto [12]. Debido a que esta conectividad amplía la superficie de exposición, la configuración didáctica debe incluir contraseñas robustas, actualización del software y revisión de permisos [29]. La compatibilidad específica entre Sonoff, eWeLink y Alexa se comprobó durante la configuración y las pruebas del prototipo; por ello, se presenta como un resultado técnico del proyecto. [25]

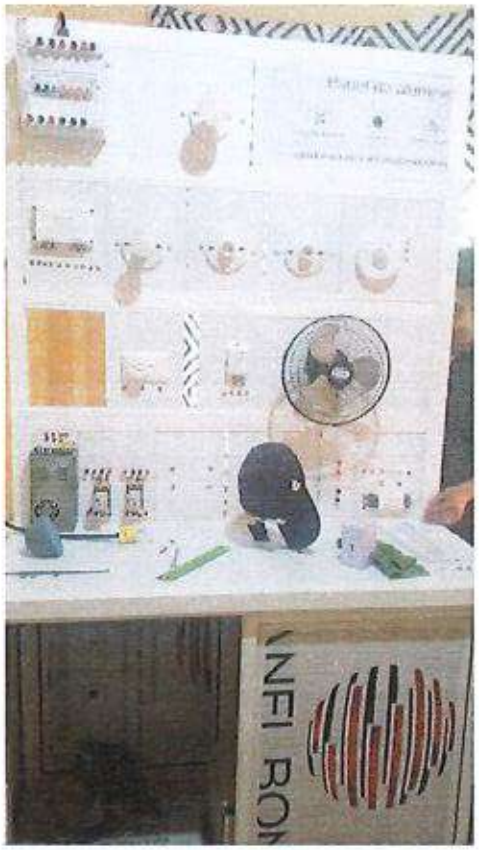
TABLA III. Aplicación del Sonoff 4CH en el proyecto

Característica	Aplicación en el módulo
Número de canales	4
Canales utilizados	3 para iluminación
Tipo de carga	Luminarias LED
Potencia de luminarias	3 × 9 W
Protección del circuito	Breaker de 2 A
Control	Local/digital y asistencia virtual
Aplicación didáctica	Automatización de iluminación residencial

Nota. La incorporación de este dispositivo permitirá que los estudiantes comprendan la diferencia entre una instalación convencional y una instalación automatizada, manteniendo como elementos fundamentales la alimentación, protección, dispositivo de maniobra y carga.

8.3.2 Plataforma eWeLink

La plataforma llamada eWeLink es de gestión domótica que permite registrar, identificar, supervisar y controlar de forma remota dispositivos compatibles. En el módulo funciona como interfaz de administración de los equipos Sonoff y como enlace con Amazon Alexa, de acuerdo con la arquitectura IoT descrita en [18].



Nota. Fotografía realizada por los autores. Dentro del proyecto, la plataforma cumplirá principalmente las funciones de vinculación de los dispositivos compatibles, identificación mediante nombres, comprobación del estado de las cargas y conexión con Amazon Alexa.

Figura 12. Interfaz de configuración de dispositivos mediante aplicaciones como: Tuya, eWeLink, EZVIZ configurada con los dispositivos reales del módulo.



Nota. Aplicación Tuya

La utilización de una plataforma de control permite complementar las prácticas eléctricas tradicionales con procedimientos de configuración digital, de manera que el estudiante no

solamente conecte físicamente un dispositivo, sino que también comprenda el proceso necesario para incorporarlo a un sistema domótico.

8.3.3 Asistente virtual Amazon Alexa

Amazon Alexa será utilizada como interfaz de asistencia virtual para permitir el control por voz de los dispositivos compatibles del módulo.

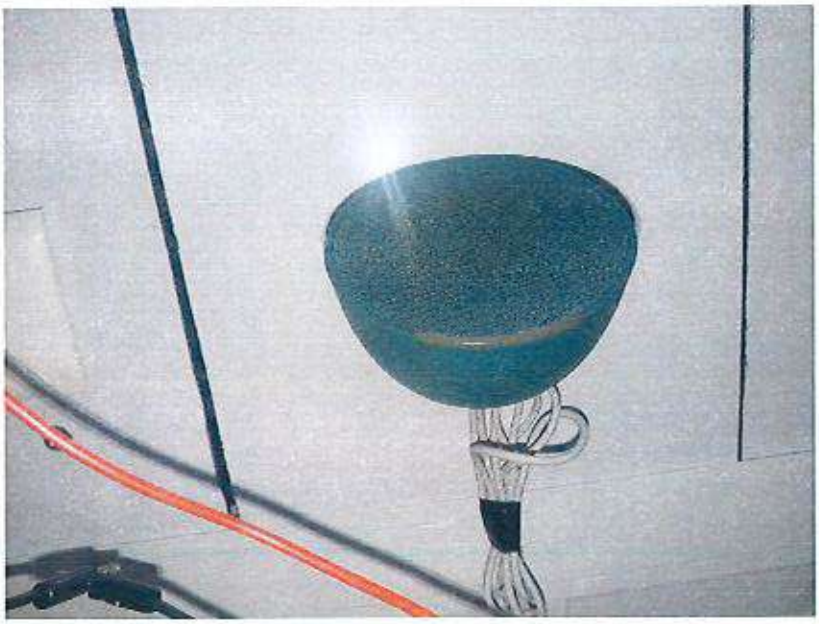


Figura 13. Asistente virtual Amazon Alexa utilizado para el control del módulo.

Nota. Amazon Alexa constituye la interfaz de asistencia virtual utilizada en el módulo para complementar el control de los dispositivos inteligentes compatibles. Los estudios de uso doméstico reportan que el control de dispositivos IoT constituye una de las categorías recurrentes de interacción con los asistentes de voz [24]. En este módulo, los comandos se limitan a funciones didácticas previamente configuradas, como encendido y apagado de cargas. Debido a que estos asistentes procesan voz y se conectan con servicios digitales, la seguridad y la privacidad deben formar parte de la configuración y de la discusión de laboratorio [19].

La arquitectura de control puede representarse mediante:

$$Usuario \rightarrow Alexa \rightarrow eWeLink \rightarrow dispositivo\ inteligente \rightarrow carga$$

Esta arquitectura permitirá estudiar en el laboratorio la relación entre un comando digital y una acción física sobre una carga eléctrica.

En la configuración del prototipo se utilizó un usuario de proyecto común en eWeLink, EZVIZ y Tuya, y cada servicio se autorizó dentro del mismo perfil de Amazon Alexa. Esta práctica evita confundir dispositivos y facilita la trazabilidad. La integración no depende de que el correo sea idéntico en todas las aplicaciones, sino de autenticar correctamente cada servicio y vincularlo con el perfil de Alexa correspondiente [25]– [26].

8.3.4 Luminarias LED de 9 W

El circuito de iluminación incorpora tres luminarias LED de 9 W. Los comprobantes entregados incluyen la adquisición de focos de 9 W y sus respectivos elementos de instalación.



Nota. Cada luminaria constituye una carga independiente del sistema Sonoff.

Figura 14. Luminaria LED de 9 W utilizada en el circuito de iluminación, el cual funciona con la aplicación de eWeLink. El dispositivo que hace domótica tiene 4 canales.



Nota. Aplicación eWeLink

La potencia conjunta se determinó anteriormente mediante:

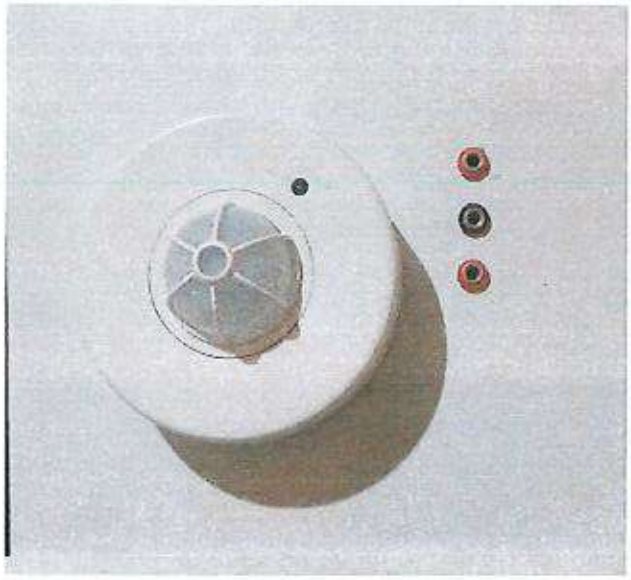
$$PT = 3(9) = 27\ W$$

$$I = \frac{27}{110} = 0{,}245\ A$$

Su utilización resulta conveniente para demostrar una aplicación de iluminación residencial con una demanda reducida y control independiente.

8.3.5 Sensor de movimiento

El sensor de movimiento forma parte del tercer circuito del módulo y tiene como función detectar presencia y generar una señal de activación hacia una luminaria de 20 W.



Nota. El plano eléctrico desarrollado muestra el sensor conectado a línea y neutro y una salida destinada a controlar la luminaria, el circuito se encuentra protegido mediante un breaker de 2 A.

Figura 15. Sensor de movimiento empleado en el módulo didáctico.

La secuencia funcional puede expresarse como:

$$Movimiento\ detectado \rightarrow activación\ de\ salida \rightarrow luminaria\ encendida$$

Cuando desaparece la condición de detección y transcurre el período configurado en el dispositivo, la salida retorna a su estado de reposo.

Desde el punto de vista didáctico, este circuito permite analizar entradas de un sistema automatizado, detección de presencia y control automático de cargas.

8.3.6 Luminaria de 20 W

La luminaria de 20 W constituye la carga controlada por el sensor de movimiento.



Nota. la carga controlada por el sensor de movimiento.

Figura 16. Luminaria de 20 W controlada mediante sensor de movimiento.

Su corriente teórica fue determinada mediante: [20]

$$I = 20\ W / 110\ V = 0{,}182\ A$$

$$I = 0{,}182\ A$$

La selección de esta luminaria permite observar de forma directa la respuesta del sistema ante la detección de movimiento.

8.3.7 Tomacorriente convencional

En la Fig. 16 se presenta el tomacorriente convencional instalado en el módulo, el cual permite contar con una conexión eléctrica para el desarrollo de las prácticas de funcionamiento del sistema domótico.

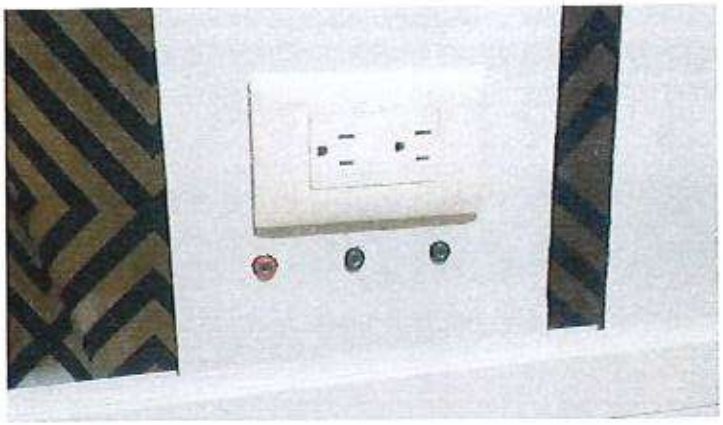


Figura 17. Tomacorriente convencional instalado en el módulo.

Nota. En el plano se identifican los terminales correspondientes a línea, neutro y conductor de protección, permitiendo que durante las prácticas se comprueben polaridad, tensión y continuidad.

8.3.8 Tomacorriente inteligente

El módulo incorpora además un tomacorriente inteligente, con el propósito de establecer una comparación práctica entre los sistemas de alimentación convencionales y aquellos integrados a tecnologías de automatización.



Nota. El circuito se encuentra protegido mediante un breaker de 16 A, tal como se representa en el plano elaborado, lo que permite a este toma corriente inteligente funcionar con la aplicación de EZVIZ.

Figura 18. Tomacorriente inteligente utilizado en el módulo.

Esta configuración permitirá que el estudiante analice la diferencia entre disponer permanentemente de tensión en un tomacorriente convencional y controlar electrónicamente la disponibilidad de una carga mediante un dispositivo inteligente.



Nota. Aplicación EZVIZ

En la configuración implementada, la aplicación EZVIZ administra el tomacorriente inteligente: permite incorporarlo a la red, identificarlo, consultar su estado y ejecutar la orden de conexión o desconexión. En el Anexo 3 se conserva únicamente la evidencia visual de esta configuración. [27]

8.3.9 Termostato inteligente

El termostato inteligente es el elemento encargado de gestionar automáticamente el funcionamiento del sistema de ventilación según la temperatura registrada.



Figura 19. Termostato inteligente utilizado para el control de temperatura.

La lógica básica de funcionamiento es:

$$T_m \geq T_c \Rightarrow Q = 1$$

$$T_m < T_c \Rightarrow Q = 0$$

Donde:

Tm = temperatura medida.

Tc = temperatura establecida.

Q = estado de la salida.

La aplicación Tuya administra el termostato inteligente utilizado en este circuito, desde la configuración del proyecto se consulta la temperatura, se establece la consigna y se observa el estado de la salida que gobierna el ventilador.

8.3.10 Ventilador

Para representar un sistema básico de ventilación residencial se incorporó un ventilador.



Nota. Ventilador de ocho pulgadas.

Figura 20. Ventilador utilizado como carga del sistema de control de temperatura.

Para los cálculos preliminares se ha trabajado con una potencia nominal de 60 W a 110 V, obteniendo: [20]

$$I = \frac{60}{110} = 0{,}545\ A$$

Datos preliminares que pueden ser modificados.

8.3.11 Fuente de alimentación de 12 VCC

El sistema de accionamiento de la puerta requiere alimentación en corriente continua. Para ello se adquirió una fuente encargada de transformar la alimentación disponible de corriente alterna a 12 VCC.



Nota. Fuente de 12 V, mientras que el diagrama eléctrico la identifica como elemento encargado de alimentar el motor y los circuitos auxiliares.

Figura 21. Fuente de alimentación de 12 VCC utilizada en la puerta corrediza.

Descripción

La fuente de alimentación transforma la tensión de entrada de corriente alterna, procedente de la instalación eléctrica, en 12 V en corriente continua (Vcc), correspondientes a la tensión necesaria para alimentar el sistema de accionamiento de la puerta corrediza. La salida de 12 V en corriente continua se reparte hacia el motor de corriente continua y hacia los elementos auxiliares de control. Los relés permiten el control del sentido de giro del motor para la apertura y el cierre, mientras que los finales de carrera detienen el movimiento, cuando la puerta alcanza las posiciones límites, previamente delimitadas.

La fuente posee una capacidad nominal de 20 A, que representa la corriente máxima disponible para las cargas conectadas y no un consumo permanente. La corriente utilizada depende de la

demanda del motor y de los dispositivos auxiliares, permitiendo disponer de la alimentación necesaria para el correcto funcionamiento del mecanismo de la puerta corrediza.

En el diseño proporcionado se considera una capacidad de 20 A. Bajo esta condición: [30]

$$P = VI$$

$$P = (12)(20)$$

$$P = 240\ W$$

La fuente ofrece así una capacidad teórica suficiente respecto a la potencia nominal preliminar del motor, aunque deberá comprobarse durante las pruebas mediante medición de tensión y corriente.

8.3.12 Relé inteligente de dos canales

Para comandar la apertura y el cierre de la puerta se adquirió un relé inteligente de dos canales.

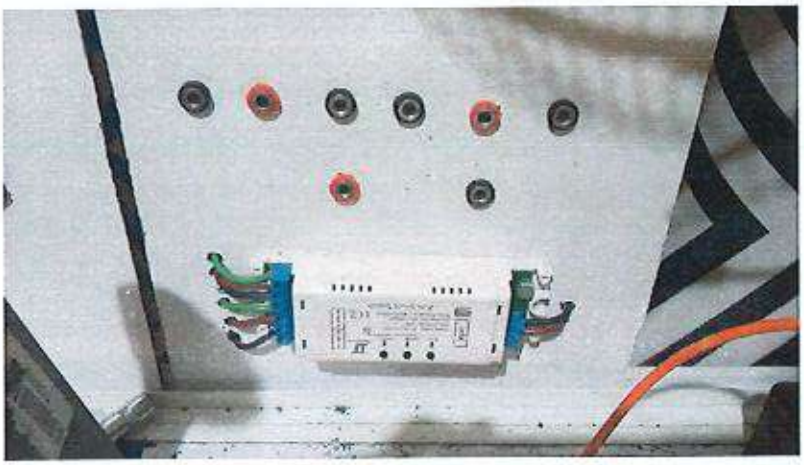


Figura 22. Relé inteligente de dos canales utilizado para controlar la puerta.

Nota. Comanda la apertura y el cierre de la puerta.

Cada canal se utiliza para generar una orden independiente:

$$CH_1 = apertura$$

$$CH_2 = cierre$$

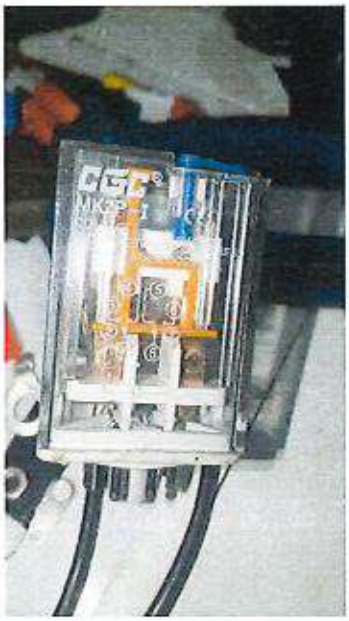
El dispositivo no alimenta directamente el mecanismo mecánico, sino que participa en la lógica de accionamiento de los relés encargados de manejar la polaridad del motor.

El relé inteligente de dos canales se gestiona mediante Tuya, un canal corresponde a la orden de apertura y el otro a la orden de cierre. Amazon Alexa actúa como interfaz de voz sobre las

rutinas configuradas, sin reemplazar la protección, los relés electromecánicos ni los finales de carrera del circuito. [28], [26]

8.3.13 Relés electromecánicos de ocho pines

El sistema incorpora dos relés electromecánicos de ocho pines alimentados a 12 VCC.



Nota. Dos relés electromecánicos de ocho pines alimentados a 12 VCC.

Figura 23. Relés electromecánicos de ocho pines empleados para la inversión de giro.

El plano de la puerta muestra ambos relés conectados de manera que permiten cambiar la polaridad aplicada al motor.

La función puede resumirse:

$$R_A = 1, R_B = 0 \Rightarrow apertura$$

$$R_A = 0, R_B = 1 \Rightarrow cierre$$

Debe evitarse que ambas órdenes incompatibles actúen simultáneamente. Por ello, la lógica y el conexionado deben garantizar un funcionamiento seguro.

8.3.14 Finales de carrera

Los finales de carrera constituyen elementos esenciales de seguridad y control del mecanismo de puerta.



Figura 24. Finales de carrera utilizados en las posiciones de apertura y cierre.

Nota. Dos finales de carrera, uno destinado a cada extremo del recorrido.

Su funcionamiento puede expresarse mediante:

$$FC_A = 1 \Rightarrow detener\ apertura$$

$$FC_C = 1 \Rightarrow detener\ cierre$$

Estos dispositivos permiten que el motor deje de recibir el orden correspondiente una vez alcanzado el final del recorrido, disminuyendo el riesgo de esfuerzo mecánico innecesario.

8.3.15 Motor de corriente continua de 12 V

El motor de 12 V constituye el actuador principal del mecanismo de puerta corrediza.



Nota. Actuador principal del mecanismo de puerta corrediza.

Figura 25. Motor de 12 V utilizado para el accionamiento de la puerta corrediza.

8.3.16 Piñón y cremallera

El mecanismo piñón-cremallera transforma el movimiento rotacional del motor en movimiento lineal de la puerta.

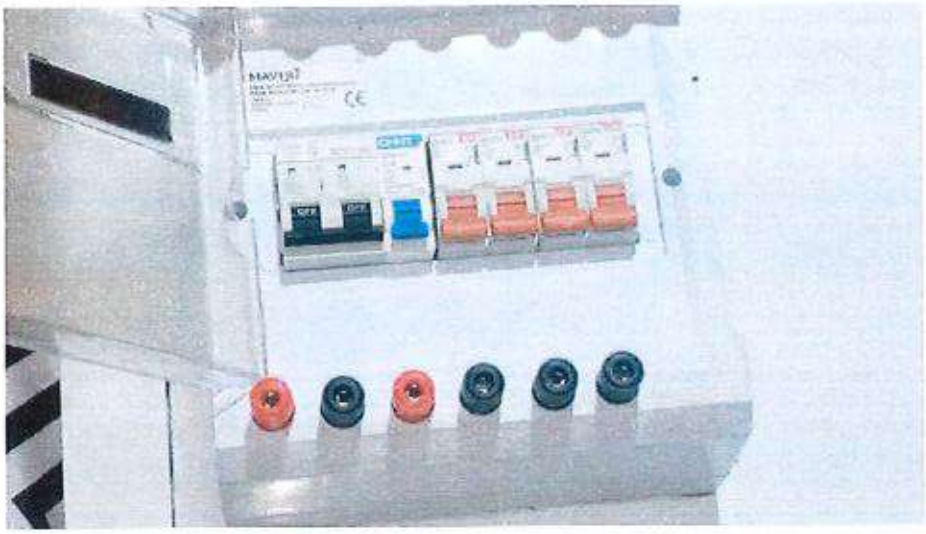


Nota. Plano mecánico elaborado por los autores en Autodesk Inventor Professional.

Figura 26. Sistema de transmisión mediante piñón y cremallera.

8.3.17 Interruptores termomagnéticos

Los interruptores termomagnéticos constituyen los principales dispositivos de protección contra sobre corriente del módulo.



Nota. Principales dispositivos de protección contra sobre corriente del módulo.

Figura 27. Interruptores termomagnéticos utilizados en el módulo.

La distribución es:

TABLA IV. Distribución de interruptores termomagnéticos

Breaker	Aplicación
2 polos – 20 A	Protección general
1 polo – 16 A	Tomacorrientes
1 polo – 6 A	Fuente de 12 V
1 polo – 2 A	Iluminación
1 polo – 2 A	Sensor de movimiento
1 polo – 2 A	Ventilación

Nota. Los planos eléctricos suministrados mantienen esta misma distribución, lo cual proporciona coherencia entre el diseño, los equipos adquiridos y la implementación física.

8.3.18 Conductores eléctricos

Para realizar las conexiones se seleccionaron conductores de cobre tipo cable y aislamiento THHN en calibres acordes con la función de cada ramal. La clasificación del conductor, las equivalencias AWG y las características de aislamiento se sustentan en el material "Electricidad básica", la asignación definitiva se contrastó con el cable realmente instalado y con la coordinación entre carga y protección.

La identificación de conductores eléctricos a través de colores permite diferenciar las funciones que poseen los conductores en los circuitos, facilita las actividades de montaje, inspección y reparación. Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SB-IE, Instalaciones Eléctricas Residenciales, el conductor neutro debe identificarse mediante el color blanco y el conductor de tierra debe usar el color verde o verde con franja amarilla. Para los conductores de fase se permite utilizar rojo, azul, negro, amarillo u otro color diferente de los reservados para neutro y tierra [21].

En el módulo didáctico se empleó el color rojo para identificar la fase, permitiendo reconocer visualmente el conductor energizado; el color verde para el conductor de puesta a tierra, destinado a la protección eléctrica del sistema; y, conforme a la NEC-SB-IE, el neutro debe identificarse mediante color blanco. Esta diferenciación contribuye a una identificación uniforme de los conductores durante las prácticas desarrolladas en el módulo

Justificación para las conexiones con conductores de cobre tipo cable y aislamiento THHN. En el montaje se estableció la siguiente distribución de calibres: cable concéntrico 3 × 10 AWG para la entrada principal al breaker bipolar de 20 A; conductor 8 AWG THHN desde la salida del breaker general hacia los breakers derivados de 16 A, 6 A y 2 A; conductor 12 AWG THHN para el circuito de tomacorriente convencional e inteligente; y conductor 14 AWG THHN para los circuitos de iluminación controlada por Sonoff, sensor de movimiento, ventilador de 110 V y puerta corrediza. Esta diferenciación permite que el calibre responda a la función de cada tramo, a la corriente prevista y a la protección asignada, además de mantener una adecuada resistencia mecánica y térmica en el cableado del módulo.

TABLA V. Conductores eléctricos utilizados en el montaje del módulo

CONDUCTOR ALAMBRE AWG - NORMA AMERICANA			
	N. de hilos	Calibre	Capacidad
a	1	18	9A
b	1	16	15A
c	1	14	22A
d	1	12	28A
e	1	10	34A
f	1	8	44

CONDUCTOR CABLE AWG - NORMA AMERICANA			
	N. de hilos	Calibre	Capacidad
a	7	18	10A
b	7	16	16A
c	7	14	24A
d	7	12	32A
e	7	10	40A
f	7	8	56A

Nota. Clasificación y equivalencias AWG basadas en [27, pp. 13–15], aplicación y selección final según el montaje del módulo. Los conductores serán diferenciados según su utilización en alimentación, potencia y control.

8.3.19 Conectores tipo banana

Debido a la finalidad didáctica del módulo, se incorporaron jacks y conectores tipo banana que facilitan la identificación y realización de determinadas conexiones.

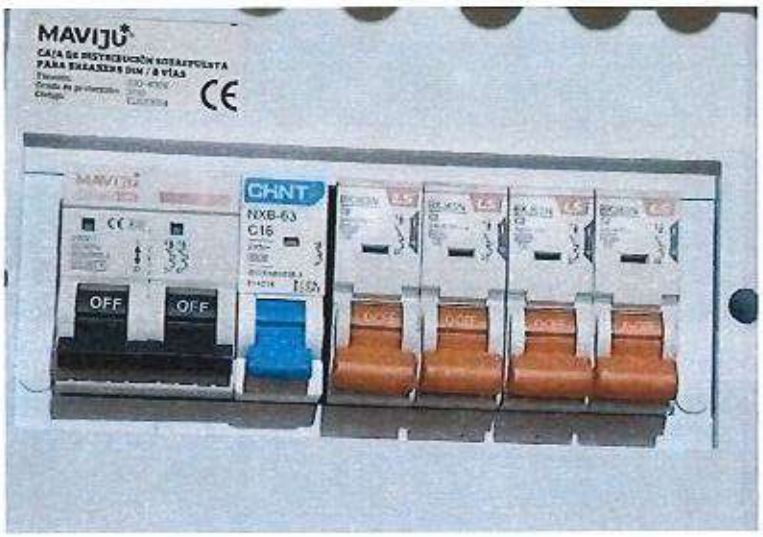


Figura 28. Conectores didácticos tipo banana incorporados al módulo.

Nota. La utilización de terminales visibles permite que los estudiantes relacionen el diagrama eléctrico con los puntos físicos de conexión y facilita el desarrollo de prácticas supervisadas.

8.3.20 Caja de distribución

El tablero constituye el punto central para organizar y proteger los diferentes circuitos.



Nota. Su distribución permite identificar claramente el breaker general y las protecciones correspondientes a los cinco circuitos derivados.

Figura 29. Caja de distribución y protecciones del módulo.

8.4 Cálculos de dimensionamiento y selección de protecciones

Los cálculos eléctricos del módulo didáctico permiten verificar que los conductores, dispositivos de protección, fuente de alimentación y elementos de maniobra sean compatibles con las cargas instaladas. Para ejecutar el diseño se contemplan los cinco circuitos que integran el módulo que son el circuito de iluminación controlado mediante domótica, el circuito de tomacorrientes eléctricos, el circuito de sensor de movimiento, el circuito de ventilación controlada mediante domótica y el circuito de puerta corrediza controlada mediante domótica. El plano eléctrico general establece un interruptor termomagnético de dos polos de 20 A como protección principal y para los circuitos derivados se establecen interruptores de 16 A, 6 A y 2 A. Además, la factura de materiales ratifica la compra de tres breakers de 2 A, uno de 6 A, uno de 16 A y uno bipolar de 20 A.

8.4.1 Cálculo del circuito de iluminación domótica

El circuito está compuesto por tres luminarias LED de 9 W.

Potencia instalada

$$P_{IL} = 3(9)$$

$$P_{IL} = 27$$

Corriente nominal

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I_{IL} = \frac{27}{110}$$

$$I_{IL} = 0{,}245 \text{ A}$$

Por lo tanto, el circuito de iluminación presenta una corriente de operación aproximada de 0,25 A.

El plano asigna a este circuito un breaker de:

$$\text{IN} = 2 \text{ A}$$

La corriente de carga se mantiene considerablemente por debajo de la corriente nominal del dispositivo de protección:

$$0{,}245 < 2\ A$$

Esto permite la operación normal de las luminarias, siempre que la capacidad del conductor utilizado sea superior a la del breaker.

El diagrama de este circuito contempla la alimentación del Sonoff de cuatro canales desde dicha protección.

8.4.2 Cálculo del circuito del sensor de movimiento

El sensor controla una luminaria de 20 W.

Corriente de la carga

$$I_S = \frac{20}{110}$$

$$I_S = 0{,}182\ A$$

$$I_N = 2A$$

$$0{,}182 < 2\ A$$

El plano eléctrico confirma que este circuito dispone de alimentación de línea y neutro, una salida controlada desde el sensor hacia la luminaria y un breaker independiente de 2 A.

8.4.3 Cálculo del circuito de ventilación

Para el diseño preliminar se ha considerado un ventilador con potencia nominal de:

PV=60 W

y tensión:

V=110 V

$$I_V = \frac{P}{V}$$

$$I_V = \frac{60}{110}$$

$$I_V = 0{,}545\,A$$

$$I_N = 2A$$

0,545 < 2 A

El plano del sistema muestra que el breaker alimenta el termostato inteligente y que la salida de este dispositivo controla el ventilador.

8.4.4 Circuito de tomacorrientes

El módulo incorpora un tomacorriente convencional y un tomacorriente inteligente.

El plano establece un breaker de:

$$I_N = 16\,A$$

Para este circuito. La selección debe relacionarse con la capacidad nominal del tomacorriente, el conductor y la protección instalada.

La potencia aparente máxima correspondiente a 15 A y 110 V, utilizada únicamente como referencia de capacidad, sería: [30]

$$S = VI$$

$$S = (110)\,(15)$$

$$S = 1650\ VA$$

Representa una referencia de la capacidad del punto de conexión.

8.4.5 Cálculo del motor de la puerta corrediza

Para el sistema de puerta se ha considerado preliminarmente un motor de:

$$V_M = 12\,V$$

$$P_M = 15\,W$$

$$I_M = \frac{PM}{VM}$$

$$I_M = \frac{15}{12}$$

$$I_M = 1{,}25\ A$$

Este valor corresponde al funcionamiento nominal teórico.

Durante el arranque, la corriente del motor puede superar el valor nominal. Por esta razón, los relés, conductores y fuente de alimentación deben dimensionarse con suficiente margen.

8.4.6 Dimensionamiento de la fuente de 12 V

De acuerdo con los datos proporcionados para el diseño:

$$V_F = 12\ V$$

$$I_F = 20\ A$$

$$P_F = (12)(20)$$

$$P_F = 240\ W$$

Comparando este valor con la potencia nominal preliminar del motor:

240 W>15 W

La fuente posee un margen considerable respecto al consumo nominal del motor.

El margen también permite alimentar relés y dispositivos auxiliares.

8.4.7 Potencia conocida instalada en el módulo

Las cargas cuya potencia ya se encuentra definida son:

Iluminación domótica

$$P_1 = 27\ W$$

Luminaria del sensor

$$P_2 = 20\ W$$

Ventilación

$$P_3 = 60\,W$$

Motor de puerta

$$P_4 = 15\,W$$

Por lo tanto

$$P_{conocida} = P1 + P2 + P3 + P4$$

$$P_{conocida} = 27 + 20 + 60 + 15$$

$$P_{conocida} = 122\,W$$

8.4.8 Corriente equivalente de las cargas conocidas

Si se toma el valor de 122 W únicamente como una referencia energética y se lo relaciona con la alimentación de 110 V: [30]

$$I_{eq} = \frac{122}{110}$$

$$I_{eq} = 1{,}109\,A$$

Este valor es solamente una referencia teórica de las cargas conocidas y no debe utilizarse por sí solo para seleccionar el breaker general, ya que los tomacorrientes pueden alimentar cargas adicionales y el motor de 12 V se encuentra detrás de una fuente de conversión

8.4.9 Selección del breaker general

El plano contempla un interruptor termomagnético bipolar de:

2P – 20 A

8.4.10 Selección de conductores

Justificación de la selección de conductores. La selección de los conductores se realizó de acuerdo con la función de cada tramo del módulo, la protección asociada, la demanda de las cargas y las condiciones del montaje. La entrada principal al breaker bipolar de 20 A utiliza

cable concéntrico 3 × 10 AWG. Desde la salida de este interruptor general se emplea conductor 8 AWG THHN para distribuir la alimentación hacia los breakers derivados de 16 A, 6 A, 2 A, 2 A y 2 A. Para los circuitos de iluminación mediante Sonoff, sensor de movimiento, ventilador de 110 V y puerta corrediza se utiliza conductor 14 AWG THHN; en el circuito de tomacorriente convencional e inteligente se utiliza conductor 12 AWG THHN.

El cable concéntrico 10 AWG se destinó a la alimentación principal por su construcción robusta y por concentrar los conductores de entrada dentro de una cubierta común. El conductor 8 AWG THHN se reservó para la distribución interna común del tablero por poseer una sección superior a la de los ramales derivados. El conductor 12 AWG THHN se utilizó en tomacorrientes porque este circuito puede alimentar cargas de mayor demanda y está protegido a 16 A. Finalmente, el conductor 14 AWG THHN se empleó en iluminación, sensor, ventilación y puerta corrediza debido a las corrientes reducidas de estos circuitos y a su adecuada resistencia mecánica para el montaje didáctico. En todos los casos, la coordinación definitiva conductor-protección debe verificarse considerando capacidad de conducción, temperatura, longitud, método de instalación y caída de tensión, de acuerdo con los criterios de diseño citados en el proyecto [15] [19]

Criterio normativo para la selección de conductores. La selección de los conductores del módulo se realizó considerando el tipo de circuito, corriente demandada, protección contra sobre corriente y condiciones de instalación. La NEC-SB-IE establece los requisitos mínimos aplicables al diseño y ejecución de instalaciones eléctricas interiores residenciales y contempla el uso de conductor de cobre THHN de 14 AWG para circuitos de iluminación y 12 AWG para tomacorrientes.

Complementariamente, la NTE INEN 2345 establece requisitos aplicables a alambres y cables con aislamiento termoplástico, mientras que el RTE INEN 091 establece requisitos de seguridad para los dispositivos de conmutación y protección de bajo voltaje [21]– [31].

Las facturas proporcionadas confirman la adquisición de conductor THHN #8 y conductor THHN #12, junto con materiales de conexión utilizados durante el montaje.

La selección debe responder a:

1. Corriente del circuito;
2. Corriente de la protección;
3. Longitud;
4. Método de instalación;

5. Temperatura;
6. Caída de tensión;
7. Características del aislamiento.

Para cada ramal se verificará: [15], [19]

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

Donde:

I_B = corriente de diseño.

I_N = corriente nominal del dispositivo de protección.

I_Z = capacidad de conducción admisible del conductor.

TABLA VI. Verificación preliminar de circuitos

Circuito	Corriente calculada	Breaker	Conductor
Iluminación	0,245 A	2 A	THHN #14 documentado para ramales
Sensor + foco	0,182 A	2 A	THHN #14 documentado para ramales
Ventilador	0,545 A preliminar	2 A	THHN #14 documentado para ramales
Tomacorrientes	Según carga	16 A	THHN #14
Fuente de 12 V	Según entrada real de fuente	6 A	THHN #14 en alimentación CA; conductor CC según montaje
Alimentación general	Según demanda final	20 A bipolar	THHN #8 documentado para alimentación principal

Nota. La Tabla VI identifica la función asignada a los calibres documentados en el proyecto. Antes de la entrega definitiva del módulo, la correspondencia entre conductor, protección y ramal debe contrastarse con el cable efectivamente instalado y con las especificaciones del fabricante.

8.5 Asistencia virtual

Los asistentes virtuales son sistemas capaces de interpretar comandos de voz y ejecutar acciones, entre ellas la consulta de información y el control de dispositivos inteligentes conectados a Internet. Los estudios de uso en el hogar identifican la búsqueda, la reproducción de contenido y el control IoT entre sus aplicaciones más frecuentes [24].

Entre los asistentes virtuales más utilizados se encuentran:

- Amazon Alexa.
- Google Assistant.
- Apple Siri.

Estos sistemas utilizan inteligencia artificial para ejecutar acciones sobre equipos compatibles.

En el presente proyecto se utilizará Amazon Alexa debido a la compatibilidad verificada durante la configuración y las pruebas con los dispositivos Sonoff y la plataforma eWeLink.

Mediante comandos de voz será posible:

1. Encender la iluminación;
2. Apagar focos;
3. Activar el ventilador;
4. Controlar el tomacorriente inteligente.

8.6 Instalaciones eléctricas residenciales

Las instalaciones eléctricas residenciales comprenden el conjunto de conductores, dispositivos de protección, canalizaciones y elementos de control destinados a distribuir energía eléctrica de forma segura dentro de una vivienda.

De acuerdo con NFPA 70, una instalación debe integrar criterios de diseño, protección e inspección orientados a la seguridad de las personas y los bienes [32]. En el módulo, estos criterios se operacionalizan mediante:

1. Seguridad eléctrica;
2. Continuidad del servicio;
3. Adecuada selección de conductores;
4. Correcta protección contra sobre corrientes;
5. Adecuada puesta a tierra.

En el módulo didáctico cada circuito contará con:

1. Breaker independiente;
2. Conductor thhn;
3. Canalización;
4. Protección individual.

8.7 Dispositivos inteligentes del módulo

El sistema propuesto incorpora cinco circuitos independientes.

8.7.1 Circuito de iluminación domótica

Este circuito estará conformado por:

1. Tres focos LED de 9 W;
2. Tres boquillas;
3. Un Sonoff 4CH;
4. Pulsadores manuales;
5. Cable THHN calibre 12 AWG.

El Sonoff permitirá controlar independientemente cada luminaria desde la aplicación móvil y mediante comandos de voz.

8.7.2 Circuito de tomacorrientes

El módulo dispondrá de:

1. Un tomacorriente convencional de 15 A;
2. Un tomacorriente inteligente de 15 A.

Esto permitirá comparar el funcionamiento de un circuito tradicional con un sistema controlado remotamente.

8.7.3 Sensor de movimiento

El sensor PIR detectará presencia humana mediante radiación infrarroja.

Cuando detecte movimiento activará automáticamente un foco LED de 20 W.

Este circuito permitirá estudiar:

1. Sensores;
2. Automatización;
3. Temporización;
4. Ahorro energético

8.7.4 Control automático de temperatura

Este sistema estará compuesto por:

1. Motor de 110 V;
2. Ventilador de 60 W;
3. Termostato inteligente.

Cuando la temperatura alcance el valor programado, el termostato energizará automáticamente el ventilador.

Este circuito permitirá comprender los sistemas automáticos de climatización utilizados en edificios inteligentes.

8.7.5 Puerta corrediza automatizada

Este constituye el circuito más importante del proyecto.

Su funcionamiento estará basado en:

1. Motor DC de 12 V;
2. Piñón;
3. Cremallera de nylon módulo 4;
4. Relés;
5. Finales de carrera;
6. Fuente de alimentación de 12 V;
7. Control inteligente.

El sistema permitirá abrir y cerrar automáticamente la puerta del módulo mediante aplicación móvil y comandos de voz.

También incluirá:

1. Inversión de giro;
2. Protección eléctrica;
3. Finales de carrera;
4. Control manual;

5. Control automático.

Este mecanismo permitirá desarrollar prácticas relacionadas con automatización electromecánica, transmisión de potencia y control de motores.

8.3.18 Conductores eléctricos

Para la instalación del módulo se seleccionó conductor THHN debido a sus características técnicas.

Las principales ventajas son:

1. Alta capacidad de conducción;
2. Aislamiento resistente al calor;
3. Resistencia a la humedad;
4. Excelente comportamiento mecánico;
5. Facilidad de instalación;
6. Cumplimiento de normas eléctricas.

El aislamiento THHN se emplea habitualmente en instalaciones residenciales e industriales; su selección debe verificarse según corriente, protección, temperatura y método de instalación [15], [20]

8.9 Dispositivos de protección

Todo sistema eléctrico debe incorporar elementos destinados a proteger los conductores y equipos frente a sobrecargas y cortocircuitos.

El módulo contará con:

1. Breaker general bipolar;
2. Breakers individuales para cada circuito;
3. Portafusible para el motor de 12 v.

Estas protecciones garantizarán la seguridad durante el desarrollo de las prácticas de laboratorio.

9 METODOLOGÍA Y DISEÑOS EXPERIMENTAL

9.1 Enfoque de la investigación

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, debido a que combinó procedimientos de recolección, análisis e interpretación de información numérica y descriptiva. Este enfoque permite integrar resultados cuantitativos y cualitativos para comprender un problema desde perspectivas complementarias [33].

El enfoque cuantitativo permitió obtener información mediante la aplicación de una encuesta dirigida a los estudiantes del Laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná, con el propósito de identificar las necesidades técnicas y didácticas relacionadas con las prácticas de instalaciones eléctricas residenciales y domótica.

Por otro lado, el enfoque cualitativo fue el que permitió estudiar el funcionamiento del módulo didáctico que se implantó, el funcionamiento de los dispositivos inteligentes, el comportamiento que tenían los circuitos eléctricos y el juicio de los estudiantes sobre la funcionalidad del sistema como recurso para el aprendizaje práctico. La conjunción de los dos enfoques permitió conseguir un entendimiento del problema investigado y relacionar el funcionamiento técnico del módulo con el juicio de los participantes. La combinación de evidencias de distinta naturaleza enriqueció la interpretación cuando la misma respondía a los objetivos y al diseño de la investigación [34].

Durante el montaje y la validación, se aplicaron criterios de seguridad, para baja tensión, de desconexión y de verificación de ausencia de energía antes de tener que intervenir, identificación de conductores, puesta a tierra, separación de los circuitos de 110 VCA y 12 VCC, protección individual de cada ramal, y atención de la pedagogía. Estos criterios se sustentan en IEC 60364-1 y NFPA 70 [15], [30].

9.2 Tipo de investigación

La investigación corresponde a un estudio aplicado, debido a que busca solucionar una necesidad existente dentro del Laboratorio de Ingeniería Electromecánica mediante la implementación de un módulo didáctico domótico orientado al fortalecimiento de las prácticas académicas.

Posee características de investigación descriptiva, porque permitió identificar las condiciones actuales del laboratorio, los recursos disponibles y las necesidades de los estudiantes respecto al aprendizaje de instalaciones eléctricas residenciales.

También corresponde a una investigación explicativa, ya que analiza el funcionamiento de los diferentes sistemas domóticos implementados, la interacción entre dispositivos inteligentes y la utilidad del módulo como herramienta didáctica.

La investigación posee un componente experimental, debido a que el módulo fue construido, probado y evaluado mediante diferentes ensayos eléctricos, mecánicos y funcionales antes de su validación.

9.3 Modalidad de la investigación

La investigación se desarrolló mediante las siguientes modalidades:

9.3.1 Investigación bibliográfica

Permitió recopilar información científica proveniente de artículos indexados, libros especializados, normas técnicas, tesis y documentos relacionados con:

1. Domótica;
2. Internet de las cosas;
3. Instalaciones eléctricas;
4. Automatización residencial;
5. Asistentes virtuales;
6. Laboratorios didácticos.

La información obtenida sirvió para fundamentar científicamente el diseño del módulo.

9.3.2 Investigación de campo

Se realizó directamente en el Laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná.

Durante esta etapa se efectuaron:

1. Observación de los recursos existentes;
2. Levantamiento de información;
3. Aplicación de encuestas;
4. Instalación del módulo;

5. Pruebas experimentales;
6. Validación técnica.

La secuencia metodológica seguida para diagnosticar, diseñar, implementar y validar el módulo se resume en la figura siguiente.

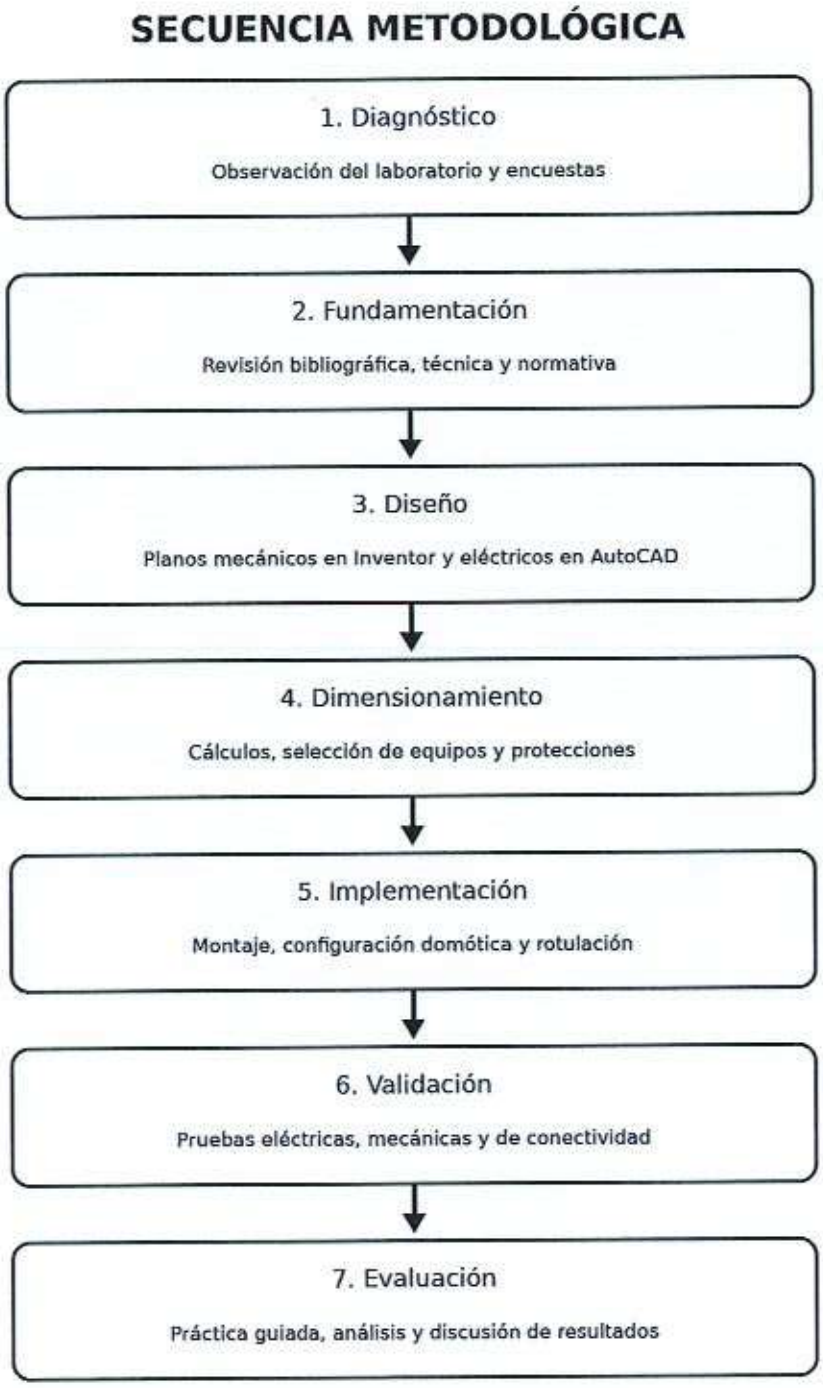


Figura 30. Secuencia metodológica del proyecto.

9.4 Métodos de investigación

Para el desarrollo del proyecto se emplearon los siguientes métodos:

9.4.1 Método analítico

Permitió estudiar cada uno de los componentes eléctricos, electrónicos y mecánicos que integran el módulo didáctico.

Se analizaron:

1. Sensores;
2. Interruptores inteligentes;
3. Relés;
4. Motor eléctrico;
5. Fuente de alimentación;
6. Circuitos eléctricos;
7. Sistema de transmisión mecánica.

9.4.2 Método sintético

Se utilizó para integrar todos los componentes individuales en un único sistema domótico funcional.

Este método permitió establecer la relación existente entre los circuitos eléctricos, la automatización, el control mediante asistentes virtuales y la finalidad didáctica del módulo.

9.4.3 Método inductivo

Permitió obtener conclusiones generales a partir de los resultados obtenidos mediante la aplicación de encuestas, observaciones y pruebas experimentales.

9.4.4 Método deductivo

Se empleó para aplicar principios de electricidad, automatización y domótica al diseño e implementación del módulo didáctico.

9.5 Técnicas e instrumentos de investigación

9.5.1 Observación directa

Permitió identificar las condiciones actuales del laboratorio, el estado de los equipos disponibles y las necesidades relacionadas con la enseñanza de instalaciones eléctricas residenciales

9.5.2 Encuesta

Se aplicó una encuesta estructurada a los estudiantes y docentes de la carrera de Ingeniería Electromecánica.

La información obtenida permitió conocer:

1. Nivel de conocimientos;
2. Necesidades de aprendizaje;
3. Importancia del laboratorio;
4. Aceptación del módulo didáctico.

El instrumento es un cuestionario de diez preguntas con escala tipo Likert de cinco categorías, esta estructura permitió registrar de forma ordenada los grados de acuerdo de los participantes y es pertinente para medir actitudes o percepciones mediante opciones equilibradas. La versión incluida en los anexos corresponde al instrumento efectivamente aplicado. Si existe una constancia formal de validación por expertos, debe incorporarse como evidencia anexa firmada, no se declara dicha validación sin el documento de respaldo.

9.5.3 Pruebas experimentales

Permitieron verificar el correcto funcionamiento de todos los sistemas implementados.

Las pruebas realizadas fueron:

1. Pruebas eléctricas;
2. Pruebas mecánicas;
3. Pruebas de conectividad;
4. Las pruebas de automatización;
5. Las pruebas mediante asistente virtual.

El instrumento se sustentó en el registro de pruebas técnicas, se entendía como la práctica de laboratorio de validación asistido por el docente, los participantes identificaron las protecciones

y los terminales, relacionaron cada uno de los diagramas con el circuito físico y comprobaron el accionamiento manual, automático y asistido por el asistente virtual. La práctica del registro técnico consideraba el encendido y el apagado de cargas, la respuesta del sensor y del termostato, la inversión de giro y la actuación de los finales de carrera, como también la conectividad. La actividad se efectuó sin intervenir circuitos energizados y sirvió como contexto previo para la valoración mediante encuesta.

9.6 Población y muestra

La población estuvo conformada por los estudiantes matriculados en el cuarto ciclo de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná, durante el período académico correspondiente.

Debido a que el número de estudiantes fue reducido, no fue necesario aplicar técnicas de muestreo probabilístico.

Se trabajó mediante un muestreo censal, considerando la totalidad de estudiantes disponibles para la investigación y con docentes.

TABLA VII. Población y muestra

Población	**Número**
Estudiantes del cuarto ciclo	19
Docentes de carrera	5
Total	**24**

Nota. Por tratarse de una población menor a 100 individuos, la muestra coincide con la población, razón por la cual participaron los 19 estudiantes y 5 docentes en la aplicación de la encuesta.

9.7 Variables de investigación

9.7.1 Variable independiente

Implementación del módulo didáctico domótico aplicado a circuitos eléctricos residenciales con asistencia virtual.

Componentes:

1. Iluminación inteligente;

2. Tomacorriente inteligente;
3. Sensor de movimiento;
4. Ventilación automática;
5. Puerta corrediza automatizada;
6. Control mediante aplicación móvil;
7. Asistente virtual.

9.7.2 Variable dependiente

Fortalecimiento del proceso de enseñanza-aprendizaje en el Laboratorio de Ingeniería Electromecánica.

Indicadores:

1. Comprensión de instalaciones eléctricas;
2. Aprendizaje práctico;
3. Manejo de dispositivos inteligentes;
4. Conocimientos sobre domótica;
5. Competencias técnicas.

9.8 Análisis de encuestas

Las encuestas se utilizaron como instrumento diagnóstico y de valoración, porque era necesario conocer tanto las condiciones iniciales del laboratorio como la percepción de los usuarios después de observar y utilizar el módulo didáctico.

La finalidad de la encuesta ha consistido en diagnosticar las necesidades técnicas y didácticas que conciernen la actividad práctica de las instalaciones eléctricas residenciales y de domótica, así como valorar el nivel de adecuación que presenta el módulo didáctico como recurso para potenciar el aprendizaje práctico del Laboratorio de Electromecánica.

Los cuestionarios han permitido a la vez, identificar la disponibilidad de recursos, la experiencia previa sobre dispositivos inteligentes, el interés por los cinco circuitos que se han ido añadiendo y la aceptación del uso de la asistencia virtual. La encuesta docente permitió contrastar la adecuación del módulo a las competencias profesionales y con aplicaciones residenciales reales.

Participaron 19 alumnos y 5 docentes, que, como se observa, es la población accesible que hemos definido en la investigación. La valoración se ha realizado tras una demostración y una práctica guiada para mostrar las 82 respuestas en función de la observación del funcionamiento de los circuitos de iluminación, enchufes, sensor de movimiento, ventilación y puerta corrediza.

Cada respuesta se organizó por frecuencia y porcentaje según la escala Likert de cinco niveles. Los resultados de estudiantes se presentan primero y, a continuación, los resultados de docentes, las notas bajo cada figura describen los porcentajes observados en el gráfico.

Resultados de la encuesta aplicada a estudiantes (n = 19).



Figura 31. Disponibilidad de recursos suficientes en el laboratorio.

Nota. De los 19 estudiantes, 57,9 % respondió "totalmente de acuerdo", 21,1 % "de acuerdo", 15,8 % se mantuvo neutral y 5,3 % indicó "en desacuerdo". En conjunto, 79,0 % percibe que el laboratorio dispone de recursos suficientes.

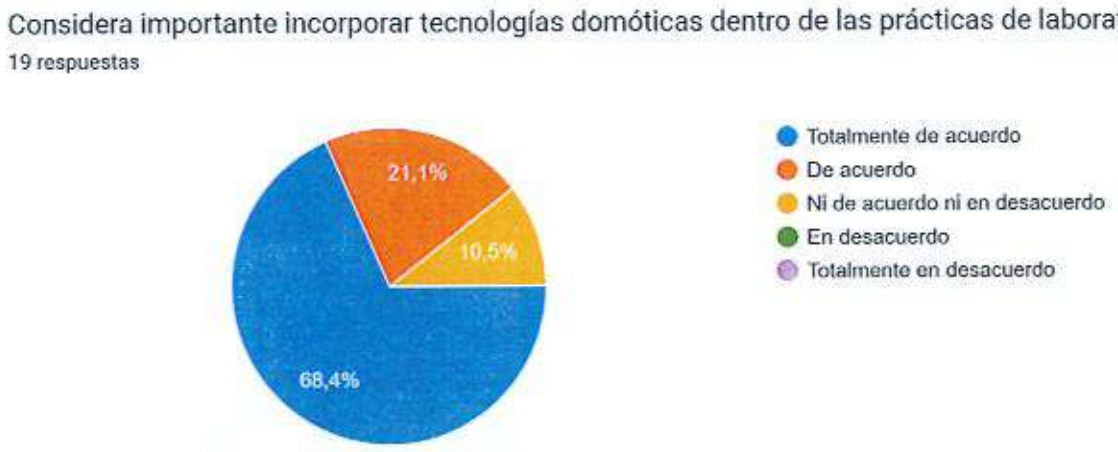


Figura 32. Incorporación de tecnologías domóticas en las prácticas.

Nota. El 68,4 % respondió "totalmente de acuerdo", 21,1 % "de acuerdo" y 10,5 % se mantuvo neutral. Por tanto, 89,5 % presenta una valoración favorable hacia la incorporación de tecnologías domóticas.



Figura 33. Uso previo de dispositivos inteligentes.

Nota. Respecto del uso previo de dispositivos inteligentes, 52,6 % respondió "totalmente de acuerdo", 26,3 % "de acuerdo", 15,8 % se mantuvo neutral y 5,3 % indicó "totalmente en desacuerdo". En total, 78,9 % reporta experiencia previa.

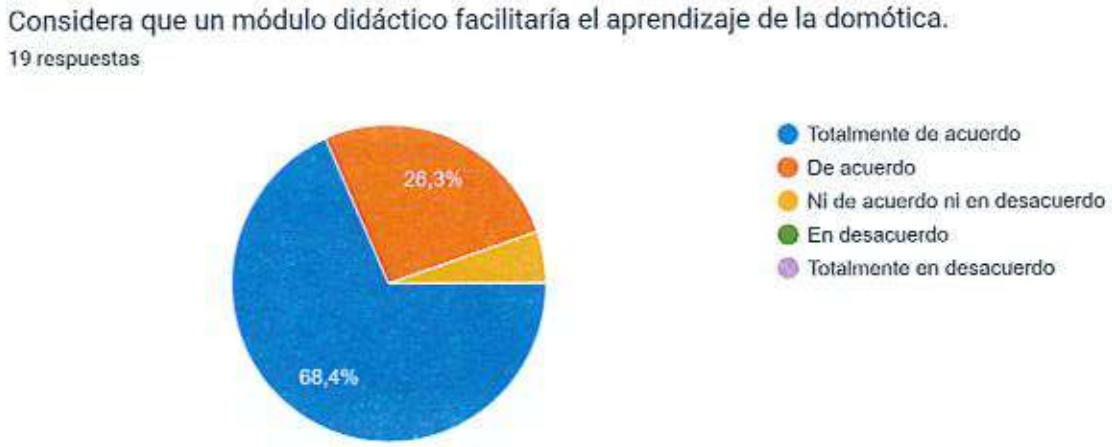


Figura 34. Un módulo didáctico facilitaría el aprendizaje.

Nota. El 68,4 % respondió "totalmente de acuerdo", 26,3 % "de acuerdo" y 5,3 % se mantuvo neutral. La valoración favorable alcanza 94,7 %.

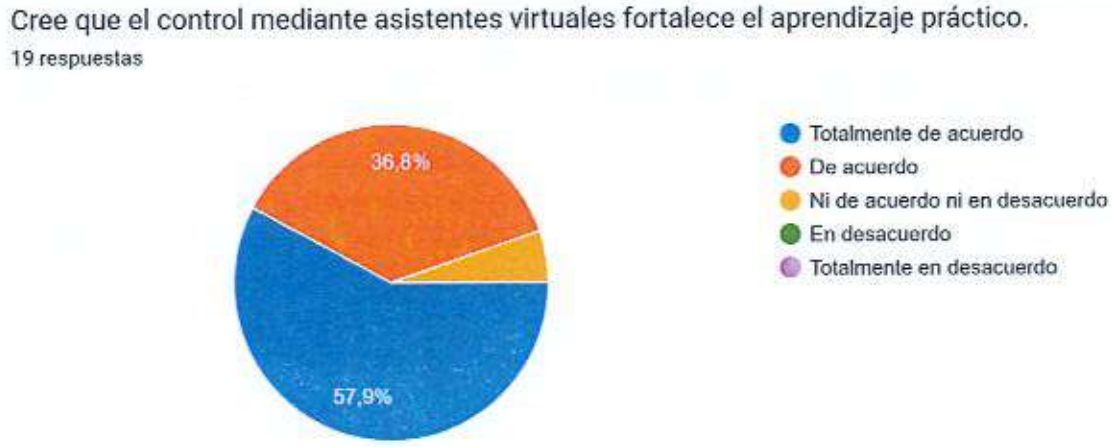


Figura 35. El fortalecimiento del aprendizaje mediante asistentes virtuales.

Nota. El 57,9 % respondió "totalmente de acuerdo", 36,8 % "de acuerdo" y 5,3 % se mantuvo neutral. En conjunto, 94,7 % considera que los asistentes virtuales fortalecen el aprendizaje práctico.

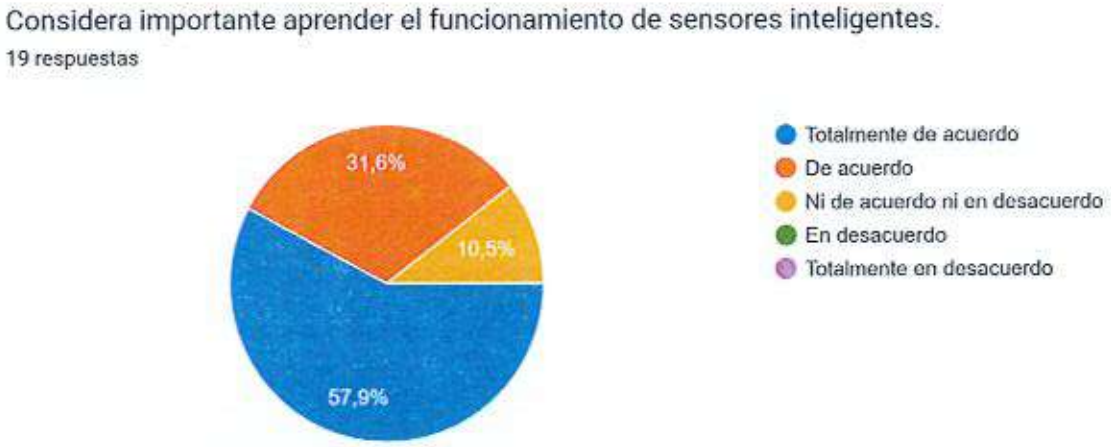


Figura 36. La importancia de aprender el funcionamiento de sensores inteligentes.

Nota. El 57,9 % respondió "totalmente de acuerdo", 31,6 % "de acuerdo" y 10,5 % se mantuvo neutral. La valoración favorable sobre el aprendizaje de sensores inteligentes alcanza 89,5 %.



Figura 37. La necesidad de realizar prácticas con iluminación inteligente.

Nota. El 68,4 % respondió "totalmente de acuerdo", 21,1 % "de acuerdo" y 10,5 % se mantuvo neutral. En total, 89,5 % valora favorablemente las prácticas con iluminación inteligente.

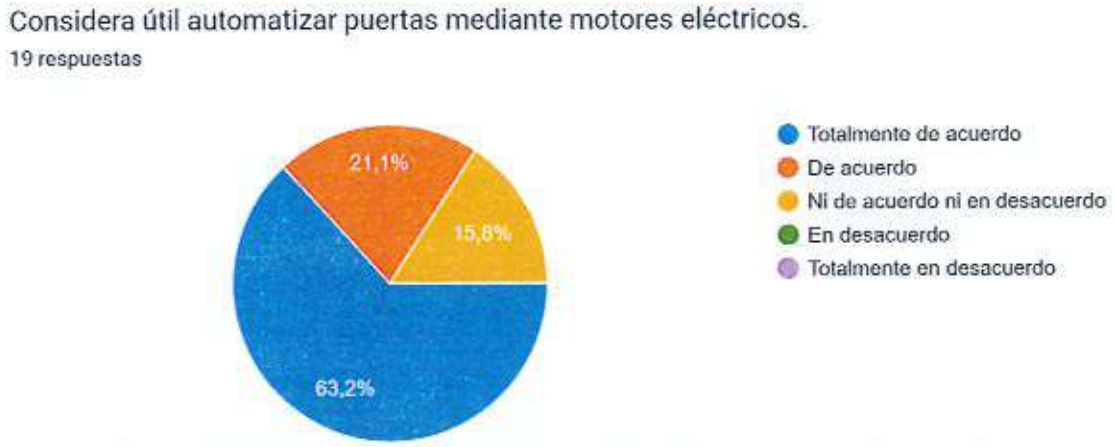


Figura 38. La utilidad de automatizar puertas mediante motores eléctricos.

Nota. El 63,2 % respondió "totalmente de acuerdo", 21,1 % "de acuerdo" y 15,8 % se mantuvo neutral. La aceptación de la automatización de puertas alcanza 84,3 %.



Figura 39. El conocimiento de sistemas de control de temperatura (termostatos).

Nota. El 57,9 % respondió "totalmente de acuerdo", 36,8 % "de acuerdo" y 5,3 % se mantuvo neutral. La valoración favorable sobre el aprendizaje de termostatos alcanza 94,7 %.

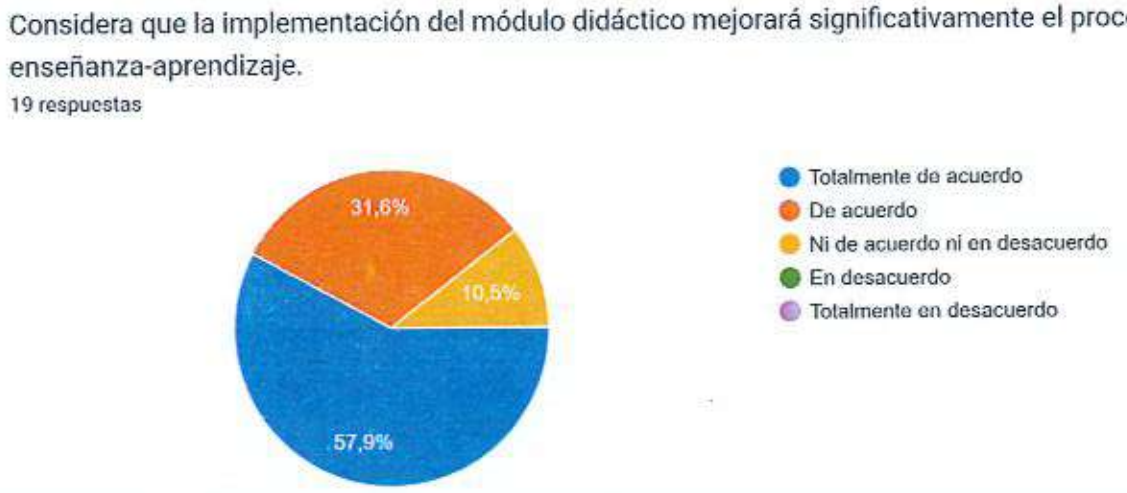


Figura 40. La mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje con el módulo.

Nota. El 57,9 % respondió "totalmente de acuerdo", 31,6 % "de acuerdo" y 10,5 % se mantuvo neutral. En conjunto, 89,5 % prevé una mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Resultados de la encuesta aplicada a docentes (n = 5):



Figura 41. Necesidad de actualización.

Nota. De los 5 docentes, 80 % respondió "totalmente de acuerdo" y 20 % "de acuerdo". Existe 100 % de valoración favorable respecto de actualizar los recursos didácticos de domótica.



Figura 42. Pertinencia de módulos inteligentes.

Nota. El 80 % respondió "totalmente de acuerdo" y 20 % "de acuerdo". La totalidad de docentes considera pertinente incorporar módulos didácticos inteligentes.



Figura 43. Correspondencia con competencias profesionales.

Nota. El 80 % respondió "totalmente de acuerdo" y 20 % "de acuerdo". El 100 % considera que el módulo responde a las competencias de Ingeniería Electromecánica.

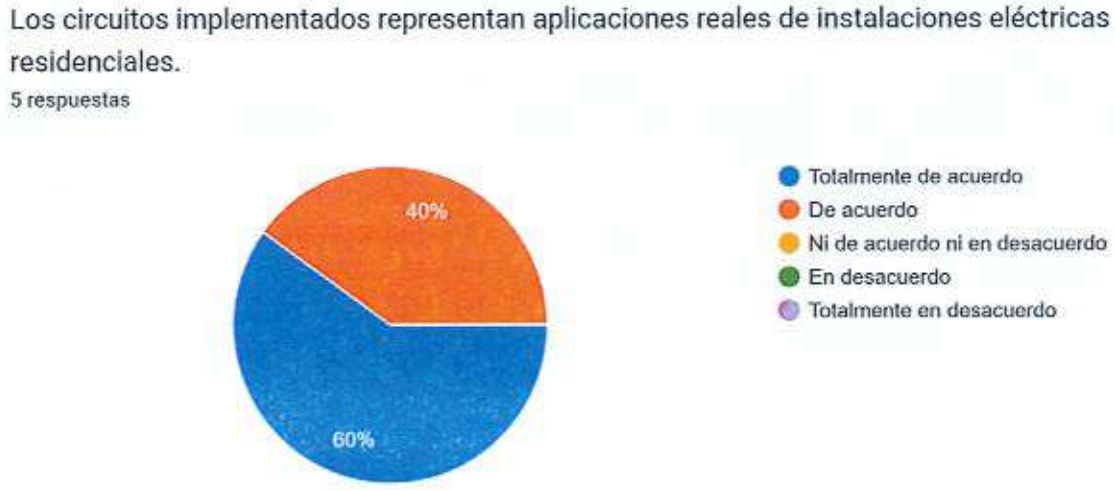


Figura 44. Representación de aplicaciones reales.

Nota. El 60 % respondió "totalmente de acuerdo" y 40 % "de acuerdo". Existe consenso favorable en que los circuitos representan aplicaciones residenciales reales.

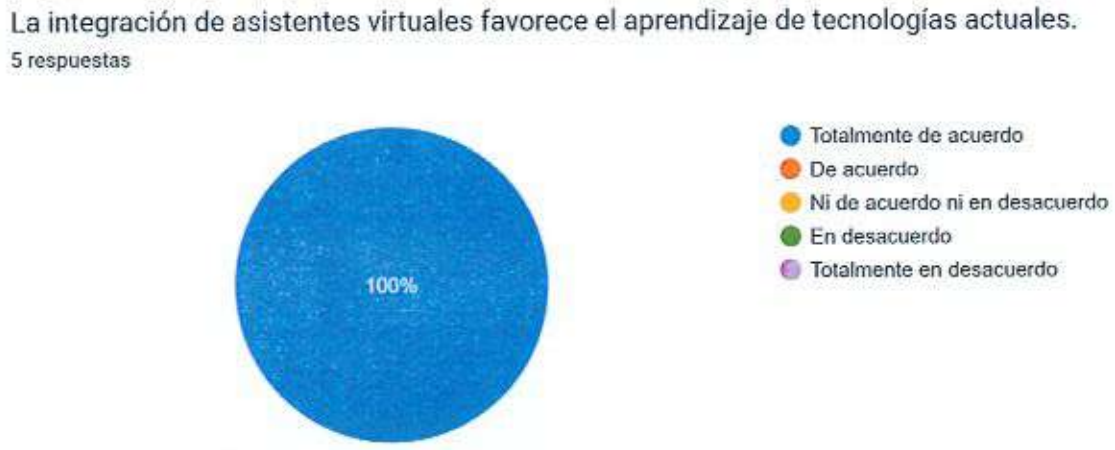


Figura 45. Uso de asistentes virtuales.

Nota. El 100 % de los docentes respondió "totalmente de acuerdo" respecto de que los asistentes virtuales favorecen el aprendizaje de tecnologías actuales.



Figura 46. Adecuación de dispositivos inteligentes.

Nota. El 80 % respondió "totalmente de acuerdo" y 20 % "de acuerdo". La totalidad considera adecuados los dispositivos inteligentes seleccionados para fines académicos.

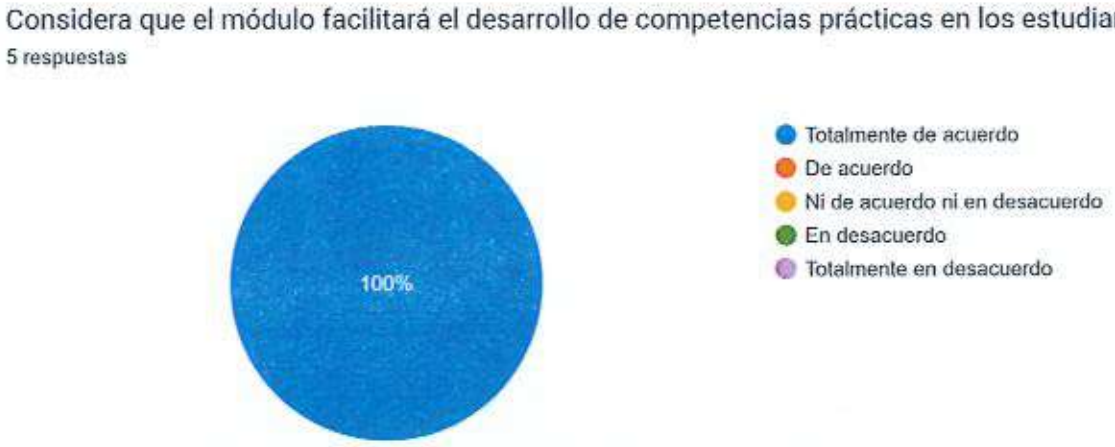


Figura 47. Desarrollo de competencias prácticas.

Nota. El 100 % respondió "totalmente de acuerdo" en que el módulo facilitará el desarrollo de competencias prácticas.

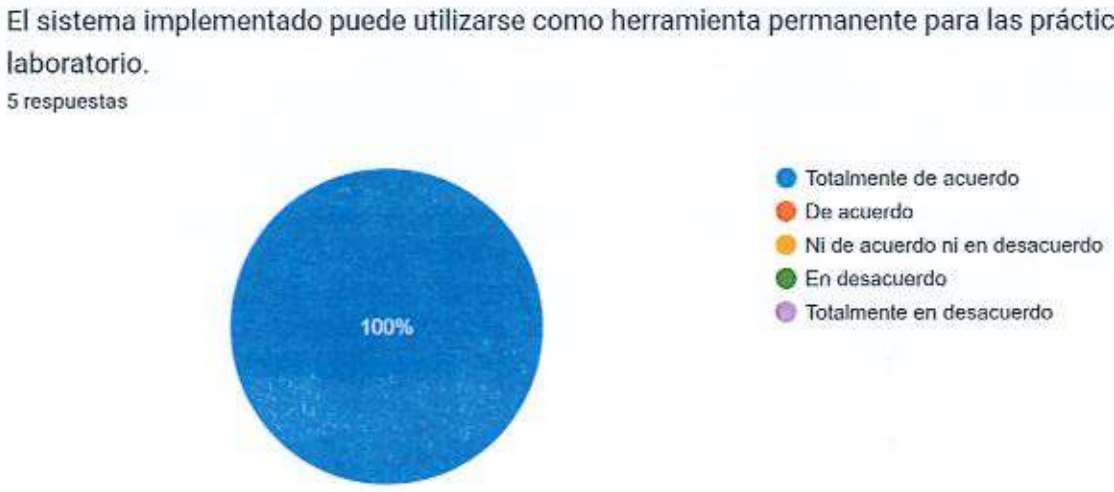


Figura 48. Herramienta de práctica permanente.

Nota. El 100 % respondió "totalmente de acuerdo" en que el sistema puede utilizarse como herramienta permanente para las prácticas de laboratorio.



Figura 49. Calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Nota. El 100 % respondió "totalmente de acuerdo" en que la implementación incrementará la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje.

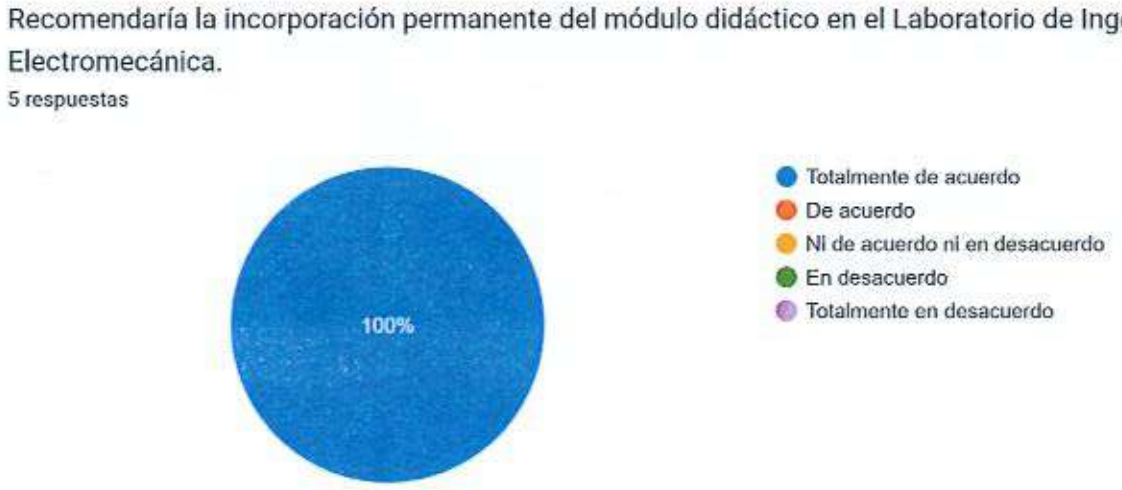


Figura 50. Recomendación de incorporación.

Nota. El 100 % respondió "totalmente de acuerdo" en recomendar la incorporación permanente del módulo didáctico en el laboratorio.

10 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1 Resultados de la implementación del módulo didáctico domótico

Para determinar las necesidades técnicas y didácticas relacionadas con las prácticas de instalaciones eléctricas residenciales y domótica, se analizaron los resultados obtenidos mediante las encuestas aplicadas a estudiantes y docentes de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná.

La encuesta que fue administrada a los alumnos estuvo constituida en su totalidad por un total de diez preguntas elaboradas a través de una escala de tipo Likert. Gracias a tal instrumento se logró obtener información relacionada con la disponibilidad de recursos en el laboratorio, experiencia previa en el uso de dispositivos inteligentes, relevancia de incorporar sistemas domóticos, uso de asistentes virtuales, sensores, iluminación inteligente, apertura de puertas, control de temperatura y percepción sobre la importancia del módulo en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Los resultados muestran que 57,9 % de los estudiantes está totalmente de acuerdo y 21,1 % de acuerdo con que el laboratorio dispone de recursos suficientes. La valoración favorable alcanza 79,0 %, mientras 15,8 % se mantiene neutral y 5,3 % discrepa.

La percepción estudiantil sobre la disponibilidad actual es mayoritariamente favorable, sin embargo, la actualización propuesta se justifica por la incorporación de domótica, automatización y asistencia virtual, aspecto que recibió respaldo unánime de los docentes.

Respecto a la incorporación de tecnologías domóticas en las prácticas de laboratorio, el 68,4 % de los estudiantes manifestó estar totalmente de acuerdo y el 21,1 % indicó estar de acuerdo. La concentración de respuestas favorables evidencia la aceptación de tecnologías actuales aplicadas al campo de las instalaciones eléctricas residenciales.

Respecto del uso previo de dispositivos inteligentes, 52,6 % respondió totalmente de acuerdo y 26,3 % de acuerdo, por tanto, 78,9 % reporta experiencia previa. El 15,8 % se mantuvo neutral y 5,3 % indicó totalmente en desacuerdo.

En relación con la utilidad de un módulo didáctico para facilitar el aprendizaje de domótica, el 68,4 % estuvo totalmente de acuerdo y el 26,3 % manifestó estar de acuerdo. Por tanto, el 94,7 % de los estudiantes presentó una percepción favorable hacia la utilización del módulo como recurso para el aprendizaje práctico.

El uso de asistentes virtuales también obtuvo una valoración positiva. El 57,9 % manifestó estar totalmente de acuerdo con que su incorporación fortalece el aprendizaje práctico y el 36,8 % estuvo de acuerdo. Estos resultados respaldan la incorporación de asistencia virtual dentro del sistema domótico implementado.

Respecto al aprendizaje del funcionamiento de sensores inteligentes, el 57,9 % se mostró totalmente de acuerdo y el 31,6 % de acuerdo con la importancia de adquirir conocimientos relacionados con este tipo de dispositivos. Esto se encuentra directamente relacionado con el circuito de iluminación automática mediante sensor de movimiento incorporado en el módulo.

La necesidad de realizar prácticas con iluminación inteligente presentó igualmente una elevada aceptación. El 68,4 % manifestó estar totalmente de acuerdo y el 21,1 % de acuerdo. Este resultado sustenta la implementación del circuito de iluminación domótica controlado mediante un dispositivo inteligente de cuatro canales.

En cuanto a la automatización de puertas mediante motores eléctricos, el 63,2 % estuvo totalmente de acuerdo con su utilidad y el 21,1 % se mostró de acuerdo. Este resultado respalda la incorporación del sistema de puerta corrediza accionado mediante un motor de 12 V, relés, finales de carrera y mecanismo piñón-cremallera.

El sistema de control de temperatura mediante termostato también fue considerado importante por los estudiantes. El 57,9 % manifestó estar totalmente de acuerdo y el 36,8 % se mostró de acuerdo. Esto justifica la incorporación del circuito de ventilación automatizada mediante termostato inteligente.

Al consultar si la implementación del módulo mejoraría significativamente el proceso de enseñanza-aprendizaje, el 57,9 % respondió totalmente de acuerdo y el 31,6 % de acuerdo, alcanzando una valoración positiva conjunta del 89,5 %.

Los resultados obtenidos permiten establecer que existe una necesidad de fortalecer los recursos prácticos disponibles y, al mismo tiempo, una elevada aceptación hacia la incorporación de sistemas domóticos, dispositivos inteligentes y asistencia virtual en las prácticas de Ingeniería Electromecánica.

10.2 Discusión

Los resultados obtenidos demuestran que existe una relación directa entre la problemática detectada y la solución tecnológica propuesta, ya que la percepción de insuficiencia de recursos para desarrollar prácticas de instalaciones eléctricas residenciales contrasta con la alta aceptación hacia la puesta en marcha de un módulo didáctico domótico, estableciendo una relación entre ambas, de modo que, en la propuesta, se hace posible afirmar que se trata de una alternativa frente a una necesidad del proceso formativo. El módulo integra aplicaciones que representan situaciones presentes en viviendas automatizadas y permite que el estudiante interactúe físicamente con componentes eléctricos, electrónicos y electromecánicos.

El circuito de iluminación domótica facilita el análisis de cargas controladas mediante dispositivos inteligentes, el sensor de movimiento permite estudiar sistemas automáticos basados en detección de presencia, los tomacorrientes permiten comparar instalaciones convencionales e inteligentes, el termostato permite estudiar el control automático de temperatura; mientras que la puerta corrediza integra principios eléctricos y mecánicos mediante un motor, relés, finales de carrera y un sistema de transmisión piñón-cremallera.

La implementación de estos cinco circuitos permite que el aprendizaje no se limite únicamente a la observación de esquemas o al análisis teórico, sino que incorpore actividades de conexión, medición, configuración, comprobación y diagnóstico.

El módulo también incorpora tecnologías relacionadas con conectividad y asistencia virtual, de esta manera, los estudiantes pueden comprender que una instalación domótica actual no depende únicamente del circuito eléctrico, sino también de la interacción entre sensores, actuadores, sistemas de comunicación, plataformas digitales y dispositivos de control, tal como se describe en las arquitecturas IoT para hogares inteligentes [1].

Los resultados de la encuesta respaldan esta característica, puesto que existe una valoración favorable hacia el uso de asistentes virtuales, sensores, iluminación inteligente, automatización de puertas y sistemas de control de temperatura.

En consecuencia, la implementación del módulo establece una conexión entre la teoría relacionada con instalaciones eléctricas residenciales y la aplicación práctica de sistemas de automatización residencial.

10.3 Observaciones cualitativas y retroalimentación de estudiantes y docentes sobre el uso del módulo didáctico

El análisis cuantitativo de las encuestas se complementa con las observaciones realizadas durante el proceso de diseño, montaje e interacción con los dispositivos que conforman el módulo.

Una de las principales características observadas corresponde a la posibilidad de visualizar directamente los componentes y sus conexiones. La red de breakers, conductores, sensores, relés, dispositivos inteligentes, luminarias, tomacorrientes, termostato, fuente de alimentación y motor de la práctica da una visión clara de la localización de cada uno de los elementos a su relación con los diagramas eléctricos. El configurable modularidad también permite tener la posibilidad de poder estudiar los circuitos de forma independiente desde el primer instante. Esta posibilidad de poder aprovecharla desde la práctica trae una importancia particular en el laboratorio, dado que el estudiante se puede concentrar en un sistema en concreto para después, en una segunda fase, poder estudiar la relación que hay con los demás elementos del módulo.

El circuito de iluminación facilita la comprensión del control de cargas mediante dispositivos inteligentes. El sensor de movimiento permite observar la relación entre detección y accionamiento automático. El termostato permite interpretar el comportamiento de un sistema de control basado en temperatura.

Por su parte, la puerta corrediza constituye una aplicación de carácter electromecánico que permite observar de forma directa la transformación del movimiento rotacional del motor en desplazamiento lineal mediante el mecanismo piñón-cremallera. La utilización de relés y finales de carrera permite además estudiar inversión de giro, control y limitación mecánica del desplazamiento.

La incorporación de asistencia virtual amplía la experiencia de aprendizaje al permitir que determinadas acciones puedan ser ejecutadas mediante comandos de voz. Esta interacción facilita la comprensión de tecnologías asociadas con IoT y automatización residencial, y también permite discutir criterios de accesibilidad, reconocimiento del habla y control alternativo [24].

En términos generales, la valoración favorable obtenida mediante las encuestas evidencia que estudiantes y docentes reconocen la utilidad de integrar tecnologías actuales dentro de las prácticas de Ingeniería Electromecánica.

10.4 Comparación con estudios similares y síntesis del impacto académico

Los resultados obtenidos mantienen relación con investigaciones recientes sobre la utilización de módulos didácticos, automatización, tecnologías IoT y aprendizaje práctico en ingeniería. Los estudios sobre laboratorios IoT y laboratorios de ingeniería destacan la importancia de estructurar actividades auténticas, acompañadas de orientación, experimentación y reflexión [2].

El propósito fundamental de estos recursos consiste en permitir que los estudiantes relacionen los conocimientos teóricos con dispositivos y sistemas reales. Esta función coincide con los objetivos atribuidos a los laboratorios de ingeniería y con el valor complementario de las modalidades prácticas y digitales [35]. En el presente proyecto, esta característica se materializa mediante cinco circuitos destinados a representar diferentes aplicaciones de automatización residencial.

La propuesta incorpora además elementos que amplían el alcance de un módulo tradicional de instalaciones eléctricas. No solamente se trabaja con luminarias y tomacorrientes, sino también con sensores, termostatos, motores, sistemas de transmisión mecánica, relés inteligentes, comunicación inalámbrica y asistencia virtual.

Esta integración permite abordar áreas diferentes de la Ingeniería Electromecánica en el seno de una misma plataforma, así como llevar a cabo actividades relacionadas con electricidad, automatización, electrónica, mecánica y conectividad. La organización por subsistemas es compatible con las arquitecturas IoT que articula sensores, comunicación, procesamiento, interfaces y actuadores [30].

Los resultados de las encuestas avalan una respuesta positiva hacia esta metodología práctica. Particularmente, el 94,7 % de los estudiantes presentó una opinión positiva respecto a que un módulo didáctico facilitaría el aprendizaje de la domótica.

De manera similar, el 94,7 % presentó una valoración positiva sobre el aporte de los asistentes virtuales al aprendizaje práctico.

Estos resultados permiten considerar que la incorporación de recursos físicos acompañados de tecnologías actuales puede favorecer la comprensión de sistemas que presentan un mayor nivel de complejidad cuando se estudian exclusivamente desde una perspectiva teórica. La evidencia acumulada en educación STEM muestra que el aprendizaje activo mejora el desempeño al

involucrar al estudiante en el análisis, la resolución de problemas y la aplicación de conceptos [36].

La propuesta también permite que el estudiante adquiera experiencia en interpretación de diagramas, selección de componentes, medición de variables, configuración de dispositivos y detección de fallas, actividades directamente relacionadas con el desempeño profesional del ingeniero electromecánico. La secuencia de actuar, observar, reflexionar y volver a aplicar conocimientos es consistente con el aprendizaje experiencial en laboratorios [9].

10.4.1 Síntesis del impacto académico

La implementación del módulo didáctico domótico presenta un aporte académico relacionado principalmente con el fortalecimiento del aprendizaje práctico.

En primer lugar, permite relacionar teoría y práctica, debido a que los estudiantes pueden comprobar mediante dispositivos reales los principios de funcionamiento estudiados en instalaciones eléctricas, automatización y sistemas electromecánicos.

En segundo lugar, cuando se abordan las prácticas referidas a la selección de conductores, eligiendo protecciones, la conexión de cargas, la utilización de sensores y control de motores, la relación del funcionamiento de relés y la configuración de dispositivos inteligentes, cooperará en el desarrollo de las competencias técnicas de los participantes. En tercer lugar, incorpora las tecnologías contemporáneas en automatización del hogar, es decir, el control por medio de aplicaciones móviles, Wi-Fi y asistencia por voz.

En cuarto lugar, favorece el aprendizaje interdisciplinario, particularmente mediante el mecanismo de puerta corrediza, donde se integran conocimientos de electricidad, mecánica, transmisión de movimiento y automatización.

En quinto lugar, permite desarrollar habilidades de medición y diagnóstico, debido a que durante las prácticas pueden comprobarse variables como tensión, corriente, continuidad, temperatura, tiempo de accionamiento y funcionamiento de dispositivos de protección.

La incorporación del módulo contribuye a actualizar los recursos del Laboratorio de Ingeniería Electromecánica y proporciona una plataforma que puede utilizarse durante diferentes períodos académicos para el desarrollo de prácticas relacionadas con instalaciones eléctricas residenciales y domótica.

11 IMPACTOS TÉCNICOS, SOCIALES Y ECONÓMICOS

11.1 Impacto técnico

La implementación del módulo didáctico domótico genera un impacto técnico al integrar en una misma plataforma diferentes sistemas utilizados en aplicaciones residenciales automatizadas.

El módulo está provisto de un sistema de iluminación domótica, de tomacorrientes convencionales y de tomacorrientes inteligentes, de un sensor de movimiento, de un sistema de ventilación mediante termostato, de una puerta corredera automatizada, de elementos de protección, de alimentación de corriente alterna y continua, de relés, de finales de carrera, de sensores y de sistemas de comunicaciones. Esta integración le permite al Laboratorio de Ingeniería Electromecánica disponer de una herramienta que proporciona la posibilidad de realizar prácticas de montaje, configuración, medida, mantenimiento y diagnóstico de sistemas domóticos.

Otro aporte técnico corresponde a la utilización del mecanismo de puerta corrediza, donde se relacionan cálculos de fuerza, velocidad, potencia y torque con la selección y funcionamiento de un mecanismo real.

El modularidad del sistema facilita además futuras modificaciones y permite reemplazar dispositivos individualmente sin necesidad de modificar completamente la estructura.

11.2 Impacto social

El impacto social está relacionado con la formación de futuros profesionales capaces de utilizar tecnologías actuales para desarrollar soluciones aplicables a viviendas, empresas e instituciones.

El conocimiento adquirido sobre iluminación automática, control de temperaturas, automatización de accesos o asistencia de voz, puede después ser aprovechado en aplicaciones orientadas a la mejora de la seguridad, la comodidad, la eficiencia o la accesibilidad.

Los sistemas de control por voz o la automatización de puertas, por poner un ejemplo, pueden ser recursos importantes en soluciones dirigidas a las personas con movilidad limitada.

El proyecto también sirve para cerrar la brecha entre conocimientos tecnológicos disponibles y aplicación en el marco formativo local, y crea las condiciones para que el alumnado de la UTC

Extensión La Maná tenga acceso a la experiencia práctica de las tecnologías que hoy se utilizan en la automatización del hogar.

11.3 Impacto económico

El módulo se presenta como una inversión orientada a disponer de un recurso que se puede reutilizar en distintos ciclos docentes. La utilización de componentes de carácter comercial mejora las tareas de mantenimiento, ya que los dispositivos se pueden cambiar de forma independiente.

El hecho de tener el módulo dentro del laboratorio hace innecesario tener equipos distintos para cada práctica al integrar cinco aplicaciones en una sola herramienta.

El costo total de implementación será determinado mediante el análisis de las facturas y comprobantes correspondientes a los materiales realmente utilizados en el proyecto.

12 PRESUPUESTO DEL PROYECTO

12.1 Desglose técnico de materiales y costos

Para la implementación del módulo didáctico domótico aplicado a circuitos eléctricos residenciales con asistencia virtual se utilizaron materiales eléctricos, electrónicos, domóticos, mecánicos y estructurales necesarios para el montaje y funcionamiento integral del sistema. El presupuesto obedece a los materiales adquiridos con facturas y notas de venta, así como a aquellos materiales incorporados en el proceso de fabricación, montaje, adecuación del módulo. Los materiales contemplados incluyen conductores eléctricos THHN de diversas secciones, protecciones, terminales, conectores banana, luminarias, sensores, dispositivos inteligentes, los materiales para el sistema de ventilación, el dispositivo del mecanismo de la puerta corrediza y la estructura de aluminio. También se incorporaron elementos complementarios relacionados con la rotulación, documentación e impresión del proyecto.

TABLA VIII. Presupuesto de materiales y componentes

N.°	Material o componente	Cant.	V. unitario ($)	V. total ($)
1	Palanca de freno de mano Chevrolet Sail	1	50	50
2	Cable concéntrico flexible THHN 3×10 AWG 600 V	2 m	5,3	10,6
3	Prensaestopa negra 19 mm – 3/4"	1	0,8	0,8
4	Barra de tierra	1	3	3
5	Amarras Dexson 25 cm	6	0,1	0,6
6	Caja de distribución Maviju 8 módulos	1	8,5	8,5
7	Cable THHN flexible #8 AWG	1 m	2,35	2,35
8	Cable flexible THHN #12 AWG Incable	2 m	0,9	1,8
9	Cable flexible #12 AWG Induscabos/Megatron	3 m	0,6	1,8
10	Jack banana hembra rojo	5	0,6	3
11	Jack banana hembra negro	8	0,6	4,8
12	Terminal rojo tipo ojo VF-1,25-4	2	0,1	0,2
13	Terminal puntero para cable #12–14	5	0,1	0,5
14	Terminal puntero 2,5 mm para cable #14	9	0,1	0,9
15	Terminal azul tipo ojo VF-2-5	13	0,1	1,3
16	Breaker LS riel DIN 1P – 6 A	1	7	7
17	Breaker LS riel DIN 1P – 2 A	3	7	21
18	Breaker Maviju bipolar – 20 A	1	7	7
19	Breaker Chint riel DIN 1P – 16 A	1	3,5	3,5
20	Boquillas/plafones	3	—	7,25

N.°	Material o componente	Cant.	V. unitario ($)	V. total ($)
21	Focos de 9 W	2	4,5	9
22	Foco de 20 W	1	6,7	6,7
23	Sensor de movimiento	1	2,25	2,25
24	Tomacorriente Veto	1	2	2
25	Cable/accesorios #12N	10	—	4
26	Cable #12, color rojo	12	—	1,8
27	Jack banana rojo	6	0,5	3
28	Jack banana negro	10	0,5	5
29	Plug banana negro	10	0,6	6
30	Plug banana rojo	10	0,6	6
31	Terminales tipo ojo 1/4"	100	0,09	9
32	Foco Sylvania 9 W	1	1	1
33	Plafón Velteck	1	1,6	1,6
34	Sonoff de 4 canales	1	56	56
35	Cable #18	2 m	0,35	0,7
36	Cable #14	5 m	0,45	2,25
37	Conector banana macho	48	0,47 aprox.	22,5
38	Jack banana hembra	48	0,47 aprox.	22,5
39	Ventilador Musashi de 8 pulgadas	1	34,78 s/IVA	40
40	Resorte	1	1,5	1,5
41	Relé inteligente 2 canales + control Tuya	1	19,5	19,5
42	Relé 8 pines 12 VDC Camsco	2	7,7	15,4
43	Base para relé de 8 pines	2	2,2	4,4
44	Final de carrera 15 A – 250 V, palanca corta	2	4,75	9,5
45	Fuente 20 A, entrada 85–240 V / salida 12 VDC	1	13,49	13,49
46	Ventilador, comprobante adicional	1	15,65 s/IVA	18
47	Termostato inteligente	1	—	63
48	Cable de freno Suzuki	2	1,77 aprox.	3,54

N.°	Material o componente	Cant.	V. unitario ($)	V. total ($)
49	Cable pequeño, elemento mecánico	1	0,59 aprox.	0,59
50	Estructura dc aluminio	1	—	380
51	Base del motor	1	—	30
52	Motor dc 12V clevavidrios	1	—	30
53	Cremallera tipo Nylon	1	—	20
54	Piñon dc diez dientes tipo Nylon	1	—	20
55	Rotulacion identificación de los componentes del módulo didáctico	1	—	50
56	cable color negro 14 Awg TIIIIN	5m	0,5	2,5
57	CABLE ROJO 14 AWG THHN	5m	0,5	2,5
58	Cable Azul calibre 14	1m	0,5	0,5
59	Cable amarillo calibre 14 awg THHN	1m	0,5	0,5
60	Borne banana hembra rojo	10	1	10
61	Borne banana hembra negro	1	10	10
62	Tomacorriente inteligente	1	17	17
63	Alexa	1	70	70
64	Conectores banano macho negros	10	1	10
65	Conectores banano macho rojos	10	1	10
66	Conectores Horquillas	50	12,5	4
67	Papel Bon resma	2	4,5	9
68	Impresiones	—	50	50
	TOTAL, MÓDULO DIDÁCTICO DOMÓTICO			**1212,12**

Fuente: Facturas, notas de venta y registros de adquisición correspondientes a la implementación del proyecto.

Elaborado por: Autores.

12.2 Análisis económico del proyecto

El costo total determinado para la construcción e implementación del módulo didáctico domótico asciende a:

$$C_T = \$1.212,12$$

La inversión comprende la estructura física, los componentes eléctricos y electrónicos, los dispositivos domóticos, el mecanismo electromecánico de la puerta corrediza, los elementos de conexión didáctica, la asistencia virtual y los materiales auxiliares requeridos para la presentación final del proyecto.

Dentro del presupuesto, la estructura de aluminio representa uno de los rubros principales, con un costo de $380,00, debido a que constituye el soporte físico donde se encuentran instalados y distribuidos los diferentes sistemas. A este elemento se incorporan la base del motor, el motor elevavidrios de 12 V, el sistema de piñón y cremallera y demás elementos mecánicos requeridos para demostrar el funcionamiento automatizado de una puerta corrediza.

En la parte de la domótica están el Sonoff de 4 canales, ($56,00), el termostato inteligente ($63,00), el relé inteligente 2 canales donde se controla por Tuya, ($19,50), el tomacorriente inteligente ($17,00) y el asistente virtual Amazon Alexa ($70,00). Esos dispositivos permiten integrar al módulo funciones de control remoto, automatización y asistencia virtual, que son partes elementos esenciales del proyecto. En el área eléctrica están incluidos breakers con diferentes capacidades, conductores THHN, terminales, conectores tipo banana, tomacorrientes, luminarias y el sensor de movimiento. El recibo correspondiente da soporte a la adquisición de entre otros materiales, cables, caja de distribución, conexiones y protecciones eléctricas por un importe de 128,65 €.

El sistema de ventilación abarca un ventilador y su correspondiente termostato. Uno de los recibos de compra se expide por el ventilador Musashi y suma un total a abonar de 40,00 €, IVA incluido. El otro comprobante refiere la adquisición de un segundo ventilador por un importe de 18,00 €, cantidad que se encuentra dentro del presupuesto actualizado que se encuentra disponible para el proyecto. El total de 1.212,12 € hace referencia a la actualmente vigente inversión que permite disponer de un módulo que sea funcional y reutilizable para el Laboratorio de Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná. Su carácter educativo hace que los distintos elementos permanezcan montados para futuras prácticas vinculadas a circuitos eléctricos en viviendas, automatización de circuitos, accionamientos electromecánicos y tecnologías de domótica.

13 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1 Conclusiones

- La fundamentación normativa y bibliográfica ha permitido establecer criterios técnicos para integrar instalaciones domésticas, domótica y asistencia virtual, justificar las relaciones de cálculo utilizadas y la coordinación básica entre conductores, protecciones y cargas.
- El diseño del módulo compuso cinco circuitos independientes, el cual conectó los planos eléctricos producidos en AutoCAD y los planos mecánicos generados en Autodesk Inventor Professional. Los cálculos de corriente, potencia, fuerza, velocidad y par motor fundamentaron la selección de los elementos primordiales.
- La puesta en práctica y pruebas han verificado el correcto funcionamiento conjunto de la iluminación, enchufes, detector de movimiento, ventilación y de la puerta deslizante mediante control manual, automático y virtual. La valoración que han aportado un total de 19 alumnos y 5 profesores ha resultado mayoritariamente positiva, con lo que el módulo se constituye en un recurso didáctico reutilizable del laboratorio.

13.2 Recomendaciones

- Utilizar el módulo incluyendo guías de práctica actualizadas, supervisión por parte del profesor y procedimientos que consistan en la desenergización, la verificación previa, la identificación de conductores y la verificación de protecciones.
- Realizar la verificación periódica de corriente, tensión, continuidad, temperatura, desplazamiento de la puerta y la actuación de finales de carrera, anotando los resultados obtenidos y verificándolos con los cálculos y los esquemas del proyecto.
- Mantener actualizadas las plataformas eWeLink, EZVIZ, Tuya y Amazon Alexa, conservar los archivos originales de AutoCAD e Inventor Professional y realizar mantenimiento preventivo de conductores, terminales, protecciones, sensores, relés, motor y sistema piñón-cremallera.

14 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] M. Z. A. A. Z. B. B. T. M. y. K. M. L. M. Alaa, *Revisión de las aplicaciones de hogares inteligentes basadas en el Internet de las cosas. Journal of Network and Computer Applications,* 2017, pp. 97, 48–65.

[2] A. T. E. A. M. y. C. P. Awouda, *Taxonomía IoT de Bloom para una educación eficaz en la Industria 4.0: estudio de caso de un laboratorio IoT de código abierto. Education and Information Technologies, 29, 15043–15065,* 2024.

[3] J. R. Brinson, *Logro de resultados de aprendizaje en laboratorios no tradicionales virtuales y remotos frente a laboratorios tradicionales prácticos: revisión de la investigación empírica. Computers & Education,* 2015, pp. 87, 218–237.

[4] D. P. S. y. A. E. Marikyan, *Revisión sistemática de la literatura sobre hogares inteligentes: una perspectiva del usuario. Technological Forecasting and Social Change, 138, 139–154,* 2019.

[5] H. M. O. R. A. y. E.-B. A. A. Youssef, *Conectividad eficiente en hogares inteligentes: mejora del confort mediante infraestructura IoT. Sensors, 2761,* 2024.

[6] *Revisión crítica de las aplicaciones tecnológicas y los modelos de negocio de los hogares inteligentes en Europa. Energy Policy,* 2020, pp. 144, 11163.

[7] L. D. y. R. A. J. Feisel, *El papel del laboratorio en la formación universitaria en ingeniería. Journal of Engineering Education,* 2005, p. 121–130.

[8] J. y. N. J. V. Ma, *Laboratorios prácticos, simulados y remotos: revisión comparativa de la literatura. ACM Computing Surveys, artículo 7,* 2006.

[9] M. y. N. Z. K. Abdulwahed, «Aplicación del ciclo de aprendizaje experiencial de Kolb en la educación de laboratorio. Journal of Engineering Education, 283–294,» 2009.

[10] K. y. D. S. J. Gram-Hanssen, *¿El hogar está donde se encuentra lo inteligente? : evaluación de las investigaciones y los enfoques sobre hogares inteligentes frente al concepto de hogar. Energy Research & Social Science,,* 2018, pp. 37, 94–101.

[11] A. M. K. y. F. L. Pradhan, *La accesibilidad surgió por accidente: uso de asistentes personales inteligentes controlados por voz por parte de personas con discapacidad,* 2018.

[12] D. C. Y. y. M. P. Mocrii, *Hogares inteligentes basados en IoT: revisión de la arquitectura del sistema, el software, las comunicaciones, la privacidad y la seguridad. Internet of Things, 1–2, 81–98,* 2018.

[13] Comisión Electrotécnica Internacional, *IEC 60364-7-717:2026: Instalaciones eléctricas de baja tensión. Requisitos para instalaciones o ubicaciones especiales. Unidades móviles o transportables,* 2026, pp. Parte 7-717.

[14] T. E. ToolBox, *Fricción y coeficientes de fricción,* 2004 .

[15] R. C. Hibbeler, *Engineering Mechanics: Dynamics, 14th ed. Boston, MA, USA: Pearson,* 2016.

[16] E. R. J. J. D. F. M. P. J. C. y. B. P. S. F. P. Beer, *Mecánica vectorial para ingenieros: Estática,* 11.ª ed ed., México: McGraw-Hill Education, 2017.

[17] R. L. Norton, *Machine Design: An Integrated Approach, 6th ed. Hoboken, NJ, USA: Pearson,* 2020.

[18] J. A. Juan, *Electricidad básica, material didáctico,* 2022, p. pp. 13–15 y 32–34.

[19] J. S. S. J. M. y. S.-T. G. Edu, *Asistentes personales para hogares inteligentes: revisión de seguridad y privacidad. ACM Computing Surveys, artículo 116,* 2020.

[20] C. C. C. y. B. B.-P. Stolojescu-Crisan, *Sistema de automatización de hogares inteligentes basado en IoT. Sensors, 3784,* 2021.

[21] Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, Norma Ecuatoriana de la Construcción:, *Instalaciones Eléctricas Residenciales, NEC-SB-IE. Quito, Ecuador: MIDUVI,* 2018.

[22] Servicio Ecuatoriano de Normalización, RTE INEN 091, *Conmutadores. Aparatos de conmutación de bajo voltaje. Quito, Ecuador: INEN, 201El reglamento contempla breakers, fusibles, interruptores, contactores y otros aparatos de protección/conmutación de bajo voltaje. INEN El reglamento El regla,* Quito, Ecuador, 2014.

[23] C. E. Internacional, *IEC 60364-1:2025: Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 1: Principios fundamentales, evaluación de las características generales y definiciones,* 2025.

[24] T. K. J. T. J. Y. y. B. F. Ammari, *Música, búsquedas e IoT: cómo las personas utilizan realmente los asistentes de voz. ACM Transactions on Computer-Human Interaction, artículo 17.5,* 2019.

[25] CoolKit Technology, *Effortless Voice Control: Link eWeLink Smart Home with Amazon Alexa [En línea],* 2024.

[26] Amazon, *"Connect Smart Home Devices to Alexa," [En línea],* 2026.

[27] EZVIZ Inc, *T30-10A-US: Enchufe inteligente,[En línea],* 2026.

[28] Tuya Inc, *Voice Skills Account Linking UI BizBundle. [En línea],* 2024.

[29] E. M. S. y. R. F. Zeng, *Preocupaciones de los usuarios finales sobre la seguridad y la privacidad en los hogares inteligentes. En Decimotercer Simposio sobre Seguridad y Privacidad Utilizables (SOUPS 2017). USENIX Association,* 2017, p. pp. 65–80.

[30] C. C. C. y. B. B.-P. Stolojescu-Crisan, *Sistema de automatización de hogares inteligentes basado en IoT. Sensors, 3784,* 2021.

[31] N. I. 2. Instituto Ecuatoriano de Normalización, *Alambres y cables con aislamiento termoplástico. Requisitos. INEN,* Quito.

[32] Asociación Nacional de Protección contra Incendios, *NFPA 70: Código Eléctrico Nacional,* 2026.

[33] J. W. y. P. C. V. L. Creswell, *Diseño y realización de investigaciones con métodos mixtos (3.ª ed.). SAGE Publications,* 2018 .

[34] R. &. M. C. P. Hernández-Sampieri, *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill Education,* 2018 .

[35] L. D. y. R. A. J. Feisel, *El papel del laboratorio en la formación universitaria en ingeniería. Journal of Engineering Education, 121–130,* 2005.

[36] S. E. S. L. M. M. S. M. K. O. N. J. H. y. W. M. P. Freeman, *El aprendizaje activo mejora el rendimiento estudiantil en ciencias, ingeniería y matemáticas. Proceedings of the National Academy of Sciences, 8415,* 2014.

[37] A. Matas, *Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión. Revista Electrónica de Investigación Educativa, 38–47,* 2018.