



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL
ESCUELA DE POSGRADOS “ESPE”

MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

PROYECTO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGÍSTER

Título del proyecto:
Sistema automático de iluminación para viviendas basado en PLC y control por voz.
Línea de Investigación:
Ciencias de la ingeniería aplicadas a la producción, sociedad y desarrollo sustentable
Campo amplio de conocimiento:
Ingeniería, industria y construcción
Autor:
Darwin Rolando Jumbo Jumbo
Tutor:
René Ernesto Cortijo Leyva

Quito – Ecuador

2025

APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, **René Ernesto Cortijo Leyva** con C.I: **1719010108** en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: **Sistema automático de iluminación para viviendas basado en PLC y control por voz.**

Elaborado por: **Darwin Rolando Jumbo Jumbo**, de C.I: **1725258931**, estudiante de la Maestría: **Electrónica y Automatización**, de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UITRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M., 18 de marzo de 2025



Escaneo el código QR para verificar la autenticidad de la firma digital de:
RENE ERNESTO CORTIJO LEYVA

Firma

DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE



Yo, **Darwin Rolando Jumbo Jumbo** con C.I.: **1725258931**, autor/a del proyecto de titulación denominado: **_Sistema automático de iluminación para viviendas basado en PLC y control por voz_**. Previo a la obtención del título de Magister en **_Electrónica y Automatización_**.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar el respectivo trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica Israel los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor@ del trabajo de titulación, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital como parte del acervo bibliográfico de la Universidad Tecnológica Israel.
3. Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de prosperidad intelectual vigentes.

Quito D.M., 18 de marzo de 2025

FIRMA

Darwin Jumbo

CI. 1725258931

Tabla de contenidos

APROBACIÓN DEL TUTOR	2
DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE	3
INFORMACIÓN GENERAL	1
Contextualización del tema	1
Problema de investigación	3
Objetivo general	4
Objetivos específicos	4
Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:	4
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	6
1.1. Contextualización general del estado del arte	6
1.2. Proceso investigativo metodológico	8
CAPÍTULO II: PROPUESTA	9
2.1 Fundamentos teóricos aplicados	9
162.1.1 Controladores Lógicos Programables (PLC)	10
PLC LOGO! V8	11
Programa LOGO! Soft Comfort V8	12
Cade Simu	13
2.1.2 Contactores	14
2.1.3 Control por voz en la automatización de viviendas	15
Comando de voz mediante Alexa	16
Funcionamiento de Alexa en Automatización Residencial	17
Interruptor Smart – WIFI compatible con Alexa	17
Sensor de presencia	18
Luces – lámparas 110V	19
Pulsadores	19
Luces Piloto para Pruebas	20
Luminaria Ojo de Buey	20
2.2 Descripción de la propuesta	20
33	

2.4 Matriz de articulación de la propuesta	30
2.5.12.4.1.1 Inicio en LOGO! Soft Comfor	t32
2.4.1.2 Elementos de Programación en LOGO! Soft Comfort	33
2.4.1.3 Aplicación de las Funciones en el Sistema de Iluminación	34
2.4.4 Editor de Diagramas en LOGO! Soft Comfort	35
2.4.5 Programación del Circuito de Iluminación en LOGO! Soft Comfort	38
2.4.6 Simulación del Funcionamiento del Sistema de Iluminación en LOGO! Soft Comfort	42
2.4.7 Transferencia del Programa al PLC LOGO! V8 mediante Ethernet	45
2.4.8 Diagrama Gráfico del Sistema de Iluminación Automatizado con PLC Siemens LOGO V8	47
2.4.9 Diagrama Representativo en CADE SIMU – Iluminación Residencial Automatizada	49
2.4.10 Pruebas Realizadas en Banco de Trabajo	62
2.4.11 Pruebas de Funcionamiento en Banco de Trabajo	64
2.4.12 Implementación del Sistema de Iluminación Automatizado	67
2.4.13 Conexión y Cableado de Luces Piloto e Interruptores WiFi	72
2.4.14 Pruebas Finales y Funcionamiento del Sistema de Iluminación Automatizado	77
2.5 Configuración de Tuya Smart y Alexa para el Control de Iluminación	83
2.6 Análisis Comparativo del Consumo Energético	88
2.7 Evaluación de la Precisión del Sistema	91
2.7.1 Evaluación del Sistema de Iluminación Automatizado	91
2.7.2 Evaluación del Confort	92
2.7.3 Evaluación de la Seguridad	93
2.7.4 Evaluación de la Gestión Energética	94
2.7.5 Costos de Implementación del Sistema de Iluminación Automatizado	96
CONCLUSIONES	99
RECOMENDACIONES	101
BIBLIOGRAFÍA	102
ANEXOS	106

Índice de tablas

Tabla 1	Diferencias entre sensores de presencia y sensores de movimiento	18
Tabla 2	Tipos de lámparas	19
Tabla 3	Validadores	27
Tabla 4	Criterios de evaluación Cristian Vizcaíno	28
Tabla 5	Criterios de evaluación Mayra Lizano.	28
Tabla 6	Criterios de evaluación David Vega	29
Tabla 7	Matriz de articulación	30
Tabla 8	Elementos de la base	62
Tabla 9	Elementos del cableado y Sensores	63
Tabla 10	Elementos del cableado y Sensores	63
Tabla 11	Configuración del tablero de pruebas según etiqueta	64
Tabla 12	Condiciones de la activación	65
Tabla 13	Activación según zonal de control	66
Tabla 14	Estados de las pruebas de control	66
Tabla 15	Elementos implementados según la zona	69
Tabla 16	Elementos del gabinete	70
Tabla 17	Proceso de instalación por componentes	71
Tabla 18	Resultados de las pruebas iniciales	72
Tabla 19	Tipos de Cables Utilizados y Calibres AWG	72
Tabla 20	Conexión por etapas	73
Tabla 21	Intercambio de interruptores según ubicación	74
Tabla 22	Medidas de seguridad	75
Tabla 23	Resultados de las pruebas de carga y transferencia	77
Tabla 24	Métodos de activación	77
Tabla 25		78
Tabla 26	Método de activación zona exterior	79
Tabla 27	Evaluación general del sistema	83
Tabla 28	Vinculación de Dispositivos en Tuya Smart y Alexa	87
Tabla 29	Control de Iluminación con Alexa y Expansión a Dormitorios	87
Tabla 30	Proyección del Consumo Energético	90
Tabla 31	Evaluación del Sistema de Iluminación Automatizado	91
Tabla 32	Proyección de evaluaciones del sistema	95
Tabla 33	Costos de los Componentes del Sistema	97

Tabla 34 Costos de Instalación y Configuración	97
Tabla 35 Costos Totales y Retorno de Inversión	97

Índice de figuras

Figura 1 Lugar de estudio	1
Figura 2 Controladores LOGO Siemens	11
Figura 3 Programación de LOGO Soft Comfort V8	12
Figura 4 Contactores de corriente alterna	14
Figura 5 Aplicación Alexa	16
Figura 6 Interruptor Smart	17
Figura 7 Pulsadores	19
Figura 8 Luces piloto	20
Figura 9 Luminaria ojo de Buey	20
Figura 10 Diagrama de sistema de iluminación	21
Figura 11 Inicio ventana del Software Logo Soft Comfort	31
Figura 12 Funciones digitales Constantes/conectores	32
Figura 13 Funciones Básicas del LOGO! Soft Comfort	32
Figura 14 Editor de Diagramas	34
Figura 15 Temporizador semanal como indicativo	35
Figura 16 Relé de impulsos para una activación automática desde la interfase hmi	36
Figura 17 Diagrama completo de la programación en PLC	37
Figura 18 Circuito de Iluminación sala	39
Figura 19 Circuito de Iluminación cocina	40
Figura 20 Circuito de Iluminación exterior	41
Figura 21 Simulación lista para funcionamiento	42
Figura 22 Simulación en encendido	44
Figura 23 Transferencia del programa al dispositivo	44
Figura 24 Diagrama en Cade Simu	48
Figura 25 Configuraciones en Logo	52
Figura 26 Permiso de Acceso HTTPS	53
Figura 27 Protección de seguridad	54
Figura 28 Configuración de memoria variable	54
Figura 29 Acceso a la Interfaz Web del PLC	55

Figura 30 Interfaz del programa	55
Figura 31 Configuración de la Interfaz en LOGO! Web Editor	56
Figura 32 Interfaz gráfica	57
Figura 33 Configuración de comportamiento de indicadores	57
Figura 34 Pruebas y Ajustes Finales	59
Figura 35 Ingreso del IP del PLC	60
Figura 36 Prueba de Conectividad con el PLC	61
Figura 37 Zonas de Intervención	67
Figura 38 Pruebas de iluminación en zonas de intervención	68
Figura 39 Elaboración de gabinete	69
Figura 40 Conexión Total del Tablero y Fijación en el Área de Instalación	73
Figura 41 Carga y Transferencia del Programa al PLC	75
Figura 42 Encendido de Luminaria	77
Figura 43 Pruebas de funcionamiento en luminarias	79
Figura 44 Encendido con interruptores WiFi	81
Figura 45 Instalación de aplicaciones	83
Figura 46 Pasos de instalación App Tuya	84
Figura 47 Pasos de instalación App Alexa	85
Figura 48 Dispositivos vinculados	85
Figura 49 Reducción del consumo energético por zona	88
Figura 50 Evaluación del Confort	91
Figura 51 Evaluación de la seguridad	92
Figura 52 Evaluación de la gestión energética	93

INFORMACIÓN GENERAL

Contextualización del tema

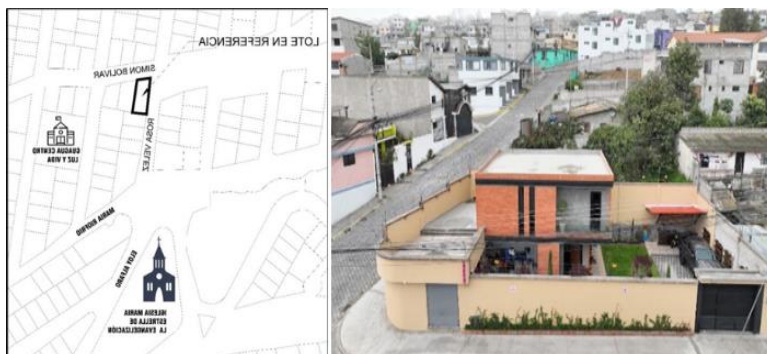
La automatización de sistemas eléctricos ha experimentado un avance significativo en los últimos años, impulsado por la integración de controladores lógicos programables (PLC) y tecnologías de control inteligente. Dentro de estos desarrollos, la automatización de la iluminación en viviendas ha surgido como una estrategia efectiva para optimizar el consumo energético y mejorar la comodidad del usuario. A través de la implementación de sensores, controladores y comandos de voz, se ha logrado reducir la necesidad de intervención manual en la gestión de la iluminación, promoviendo una mayor eficiencia en el uso de la energía eléctrica.

El presente proyecto propone el diseño de un sistema de iluminación automatizado basado en PLC y control por voz, aplicado a un domicilio ubicado en el norte de la ciudad de Quito, específicamente en el sector de Calderón, barrio Luz y Vida. Se trata de una zona habitada mayormente por familias de clase media-baja, donde la residencia seleccionada para la implementación ha sido recientemente remodelada. Hace tres meses, se realizó una ampliación de la vivienda, incorporando una puerta grande para garaje, un jardín y dos parqueaderos. En la vivienda residen cuatro personas: un adulto mayor, dos adultos y un niño. La estructura cuenta con dos plantas, en las cuales se distribuyen los espacios de la siguiente manera:

La vivienda cuenta con dos plantas; en la planta baja se encuentran la cocina, el comedor, una sala amplia, un baño social y varias secciones de luminaria que actualmente operan de manera convencional según el área utilizada, mientras que en la segunda planta se distribuyen tres dormitorios y un baño.

Figura 1

Lugar de estudio



Dada la distribución de la vivienda y el uso frecuente de sus diferentes áreas, la implementación de un sistema de iluminación automatizado permitirá optimizar el consumo energético, facilitando el control de las luces en función de la ocupación de los espacios y reduciendo el desperdicio eléctrico. La utilización de un PLC permitirá integrar sensores de movimiento y reconocimiento de voz para gestionar la activación y desactivación de luminarias sin necesidad de interruptores físicos. Esta propuesta no solo hace más fácil la movilidad del adulto mayor en la vivienda; también ofrece un sistema intuitivo y práctico para todos los que viven ahí.

El diseño del sistema se basa en documentación especializada y en el análisis de soluciones que ya se han aplicado en automatización residencial. Se revisan distintas opciones de hardware y software con la idea de crear una alternativa adaptable a diferentes tipos de viviendas; la prioridad es que sea fácil de instalar y usar. Para esto, se eligen tecnologías que permiten automatizar la iluminación sin necesidad de saber de programación o instalación eléctrica; así, cualquier persona puede implementarlo sin complicaciones.

Hoy en día, la tecnología está en todo, y la inteligencia artificial ya forma parte de muchos dispositivos en el hogar. La automatización de la iluminación, que antes solo se veía en entornos industriales, ahora es una opción accesible para casas en la ciudad y en los suburbios. Con este proyecto, se busca demostrar cómo un sistema basado en PLC y comandos de voz ayuda a ahorrar energía y mejora la comodidad en casa; además, puede servir como modelo para instalarlo en otras viviendas con características similares.

Problema de investigación

En la vivienda donde se instala el sistema de iluminación automatizado, se identifican tres problemas principales: el desperdicio de energía; la falta de seguridad y la dificultad de acceso para algunos miembros de la familia. Actualmente, las luces se manejan de forma manual, lo que hace que el consumo de electricidad no sea eficiente; esto aumenta los costos en la factura y afecta la comodidad de quienes viven ahí.

Uno de los principales inconvenientes es el elevado consumo energético debido a la falta de conciencia sobre el uso eficiente de la iluminación. Los miembros de la familia suelen dejar encendidas las luces incluso cuando no están utilizando el área, lo que contribuye a un gasto innecesario de electricidad. Como consecuencia, las facturas de la Empresa Eléctrica Quito (EEQ) alcanzan un promedio mensual de 39 USD o 290 KWH, por lo que se busca implementar una solución que permita reducir inicialmente el consumo al menos en un 20%, es decir 7.80

USD equivalente a 58 KWH mediante un sistema automatizado que regule el encendido y apagado de las luminarias en función de la ocupación de los espacios y la luz natural disponible.

La falta de accesibilidad y confort afecta a dos miembros vulnerables de la familia: un niño y un adulto mayor. Actualmente, el control de la iluminación se realiza mediante interruptores convencionales, lo que representa una dificultad para quienes habitan en la segunda planta. En varias ocasiones, para apagar las luces de la planta baja, deben descender las escaleras, exponiéndose a posibles accidentes al regresar a oscuras a sus habitaciones. Un sistema de control por voz y sensores de presencia facilita la interacción con la iluminación sin la necesidad de desplazamientos riesgosos, mejorando la seguridad y comodidad de los ocupantes.

Otro factor determinante es la seguridad. La residencia se encuentra ubicada en el barrio Luz y Vida, en el norte de Quito, una zona donde, al igual que en muchas otras partes de la ciudad, la delincuencia ha ido en aumento. Para precautelar la seguridad de la vivienda, los habitantes suelen dejar varias luces encendidas durante la noche y, en caso de viajar, simulan presencia manteniendo algunas áreas iluminadas. Sin embargo, este método manual implica un mayor consumo energético y no permite un control eficiente de la iluminación en función de horarios o eventos inesperados. La automatización del sistema permitiría gestionar las luces de manera remota y programar patrones de encendido que simulen actividad en la vivienda sin necesidad de mantener las luminarias encendidas constantemente.

Ante estos problemas, se plantea el diseño e implementación de un sistema de iluminación automatizada basado en PLC y control por voz, que permita optimizar el consumo eléctrico, mejorar la seguridad mediante la gestión inteligente de las luces y aumentar la accesibilidad para los miembros de la familia. Esta solución contribuirá a reducir el gasto energético, ofrecerá herramientas para un mejor control de la iluminación en ausencia de los residentes y garantizará mayor confort en la vivienda mediante un sistema intuitivo y automatizado.

Objetivo general

Desarrollar un sistema automático de iluminación para viviendas basado en PLC y control por voz.

Objetivos específicos

- Identificar los fundamentos teóricos y los requerimientos técnicos para el diseño de un

sistema de iluminación automatizada basado en PLC y control por voz.

- Diseñar el sistema de automatización de iluminación para la vivienda, basado en un PLC Siemens LOGO, integrando sensores de movimiento y control por voz.
- Implementar el diseño de la propuesta de automatización, definiendo la arquitectura del sistema, la selección de componentes y la configuración lógica de funcionamiento para su implementación.
- Validar la automatización del sistema de iluminación para viviendas basado en PLC y control por voz.

Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:

Diseñar un sistema de iluminación automatizada con PLC y comandos de voz es una solución tecnológica que ayuda a usar la energía de manera más eficiente en las viviendas; esto reduce el consumo eléctrico y los costos que genera. Automatizar la iluminación permite encender y apagar las luces según lo que realmente se necesita, evitando desperdicios y haciendo que los dispositivos duren más tiempo. Además, al integrar control por voz, el acceso al sistema se vuelve más sencillo, lo que beneficia especialmente a personas con movilidad reducida y facilita su uso sin depender de interruptores o pantallas. Este tipo de tecnología impulsa el desarrollo de viviendas más cómodas y eficientes, al mismo tiempo que ayuda a disminuir el impacto ambiental causado por el consumo excesivo de electricidad.

Desde el lado educativo y profesional, este proyecto se convierte en una referencia útil para estudiantes, investigadores y especialistas en automatización de viviendas. La información recopilada puede servir como material de estudio para enseñar técnicas de automatización en carreras como ingeniería electrónica, eléctrica y mecatrónica; también motiva la incorporación de nuevas tecnologías en la construcción y la domótica. Además, el análisis y desarrollo de este sistema pueden ser utilizados para futuras publicaciones científicas o técnicas enfocadas en la optimización energética mediante automatización residencial. Esta propuesta también puede ser de gran ayuda para técnicos y especialistas en electricidad que buscan soluciones accesibles y eficientes para proyectos residenciales.

Los beneficiarios directos de esta investigación incluyen a usuarios residenciales que buscan reducir su consumo energético y mejorar la eficiencia en la gestión de la iluminación, así como a diseñadores e ingenieros interesados en implementar soluciones tecnológicas en viviendas inteligentes. En particular, la familia residente en la vivienda donde se implementará el sistema enfrenta un consumo promedio mensual de 290 kWh, con facturas de aproximadamente 39 USD, debido a la falta de gestión automatizada de la iluminación.

El impacto de la propuesta se extiende a propietarios de viviendas, técnicos en automatización, docentes y estudiantes del área, además de fabricantes y distribuidores de equipos de control domótico. Se estima que, con la implementación del sistema automatizado basado en PLC y control por voz, la vivienda en estudio podría reducir su consumo energético en al menos un 20 % en la primera fase de implementación. Además, estudios previos indican que sistemas similares han logrado disminuir el gasto eléctrico hasta en un 30 % al optimizar el uso de luminarias y evitar el desperdicio de energía.

Esta optimización no solo ayuda a reducir los costos en la factura de luz; también aporta a la sostenibilidad en el sector residencial, promoviendo un uso más eficiente de la energía y fomentando hábitos responsables en el consumo eléctrico.

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1. Contextualización general del estado del arte

El diseño de un sistema de iluminación automatizada con PLC y control por voz ha ganado relevancia en los últimos años; la combinación de domótica, inteligencia artificial e Internet de las Cosas (IoT) ha permitido desarrollar soluciones más eficientes para optimizar el consumo energético y mejorar la accesibilidad en el hogar. Implementar estos sistemas no solo reduce el gasto de electricidad; también permite ajustar la iluminación según la presencia de personas y las condiciones del ambiente. En esta línea, Liu et al. (2019) afirman que -"los sistemas de control de iluminación basados en reconocimiento de voz han demostrado mejorar la interacción entre el usuario y el entorno, reduciendo la dependencia de interfaces físicas o dispositivos móviles"- (p. 187).

Las investigaciones en este campo muestran cómo la iluminación ha evolucionado; antes se limitaba a encender y apagar luces, pero ahora permite regular la intensidad, el color y la distribución lumínica de manera automática. Estudios recientes señalan que usar sensores de movimiento y reguladores de intensidad puede reducir el consumo energético hasta en un 35 %, lo que tiene un impacto considerable en sostenibilidad y costos operativos (Wei, Wu y Guo, 2019). Abarca y Bernal (2023) compararon sistemas de iluminación tradicionales con tecnología LED automatizada y encontraron que esta última opción permite ahorrar hasta un 60 % en el consumo eléctrico; esto la convierte en una alternativa viable para modernizar viviendas multifamiliares.

El control por voz se ha convertido en una opción intuitiva para gestionar la iluminación en casa. Liu et al. (2019) destacan que los asistentes virtuales y las plataformas en la nube han mejorado la interpretación de comandos en lenguaje natural, lo que permite ejecutar varias acciones al mismo tiempo, cómo ajustar la iluminación en distintas habitaciones. Sobre este punto, Zheng y Su (2021) sostienen que "la integración de reconocimiento de voz con sistemas de iluminación inteligente mejora significativamente la experiencia del usuario al eliminar la necesidad de interacción física con interruptores o aplicaciones móviles" (p. 189).

Varios estudios han analizado la viabilidad y los beneficios de automatizar la iluminación residencial con PLC y control por voz. En la Universidad Tecnológica Israel, Gavilanes (2010) desarrolló un sistema de iluminación activado por voz y controlado a través de una plataforma web para facilitar el acceso a la iluminación en el hogar. Su estudio demostró que la automatización mediante reconocimiento de voz mejora la experiencia del usuario y la eficiencia energética; aunque su precisión depende de la calidad de los dispositivos de entrada de audio.

En la Universidad Politécnica Salesiana, Merchán Nieves y Calderón Peña (2018) implementaron un sistema de automatización de alumbrado en viviendas y espacios públicos utilizando PLC Siemens S7-1200, sensores de detección y temporizadores. Los resultados mostraron que esta tecnología redujo el consumo energético en un 30 %; lo que evidencia la efectividad de la automatización en la gestión de la iluminación y el ahorro de electricidad.

Montaguano (2018), en la Universidad de Las Américas, diseñó e implementó un sistema automatizado de iluminación para áreas comunes de un edificio residencial con PLC Siemens LOGO! 230 RCE. Su propuesta permitió reducir el consumo eléctrico al activar la iluminación según el tránsito de personas. Su estudio concluyó que integrar PLC en la automatización residencial ofrece confiabilidad, escalabilidad y facilidad de implementación en edificios urbanos.

Desde el punto de vista de la seguridad y la eficiencia energética, Sarabia Velásquez (2023), en la Universidad Tecnológica Israel, desarrolló un sistema de videovigilancia comunitaria basado en visión artificial; este sistema usa sensores inteligentes y algoritmos de aprendizaje automático para optimizar el consumo energético de las luminarias en espacios comunitarios. Aunque su enfoque principal fue la seguridad, los resultados mostraron que administrar la iluminación según la ocupación del área ayuda a reducir el gasto energético sin afectar el funcionamiento del sistema.

Por otro lado, Amador Ramos (2017) diseñó un sistema de control de iluminación para viviendas usando la plataforma Arduino y controlado desde dispositivos móviles. Su propuesta incluyó sensores de presencia; regulación automática de la luz natural y control remoto mediante smartphone. Su estudio concluyó que las tecnologías de código abierto como Arduino permiten desarrollar sistemas de automatización accesibles; eficientes y de bajo costo, lo que facilita su implementación en distintos tipos de viviendas.

1.2. Proceso investigativo metodológico

Desarrollar un sistema de iluminación automatizada con PLC y control por voz requiere seguir una metodología bien organizada; para esto, se combinan investigación documental, pruebas experimentales y validación en un entorno real. Todo este proceso ayuda a entender las bases tecnológicas de la automatización en el hogar y, al mismo tiempo, diseñar, construir y evaluar una solución funcional que realmente se adapte a las condiciones de una vivienda.

El primer paso consiste en recopilar información sobre las tecnologías utilizadas en la automatización de iluminación. En esta fase, se revisan las tendencias actuales en domótica; el uso de PLC en casas, el impacto del control por voz en la accesibilidad y los beneficios energéticos que aportan los sensores inteligentes. Con toda esta información, se definen los principios básicos del sistema para asegurarse de que sea viable, fácil de expandir y eficiente en su funcionamiento.

Una vez establecido el marco teórico, se detallan los requisitos técnicos del sistema. Se define que la estructura debe contar con un PLC Siemens LOGO V8; sensores de movimiento que activan las luces cuando detectan personas; sensores de luminosidad que ajustan la intensidad de la iluminación según la luz natural disponible y un módulo de reconocimiento de voz que permite una interacción intuitiva con el usuario. La elección de estos componentes se basa en su compatibilidad, facilidad de integración y eficiencia energética.

Con los elementos seleccionados, se avanza al diseño e implementación del prototipo. Aquí, se integran todos los dispositivos en una red centralizada donde el PLC actúa como el cerebro del sistema, procesando las señales de los sensores para decidir cuándo encender o regular la iluminación. De forma paralela, se configura el reconocimiento de voz, asegurando que funcione bien en distintos entornos acústicos y reduciendo posibles errores en la interpretación de los comandos. Se ajustan varios parámetros para mejorar la estabilidad y respuesta del sistema en diferentes condiciones.

Después de ensamblar el prototipo, se pasa a la fase de pruebas y validación en un entorno real. Se realizan mediciones antes y después de la instalación para evaluar cuánta energía se ahorra con el sistema. También se prueba la precisión del reconocimiento de voz, considerando factores como el ruido ambiental y la claridad de los comandos de los usuarios. Para asegurar que todo funcione correctamente, se simulan diferentes escenarios, midiendo tiempos de respuesta y verificando que el encendido y apagado automático de las luces sea eficiente.

El último paso es analizar los resultados obtenidos. Se comparan las ventajas del sistema automatizado con los métodos tradicionales de iluminación en casa; se revisan los cambios en el consumo eléctrico, la experiencia de los usuarios respecto a la comodidad del sistema y la estabilidad del reconocimiento de voz en distintos espacios. Gracias a este análisis, se identifican áreas de mejora, especialmente en el procesamiento de señales y en la posibilidad de ampliar las funciones del sistema. Esto abre la puerta a futuras actualizaciones, como la integración de inteligencia artificial para adaptar el sistema a las rutinas de los usuarios.

CAPÍTULO II: PROPUESTA

2.1 Fundamentos teóricos aplicados

El diseño de un sistema de iluminación automatizada con PLC y control por voz se basa en varias áreas del conocimiento; entre ellas, la electrónica, la automatización, la inteligencia artificial, el Internet de las Cosas (IoT) y las comunicaciones inalámbricas. La automatización industrial ha sido clave en la evolución de sistemas inteligentes que buscan mejorar el uso de la energía, optimizando recursos con sensores y algoritmos avanzados de control (Wei et al., 2019). En este sentido, integrar tecnologías de control por voz representa un gran avance en accesibilidad, ya que permite gestionar la iluminación sin depender de botones o pantallas táctiles (Liu et al., 2019).

La automatización en viviendas ha evolucionado con el uso de controladores lógicos programables; estos dispositivos permiten manejar señales digitales y analógicas para optimizar el funcionamiento de los sistemas eléctricos. Según Sangoquiza (2021), combinar PLC con dispositivos IoT facilita el desarrollo de sistemas adaptativos que responden de manera dinámica a los cambios en el entorno y a las necesidades de los usuarios. En este marco, la iluminación automatizada se ha convertido en una parte esencial de la domótica, ya que permite ajustar la

intensidad lumínica según la detección de movimiento; la luz natural disponible y las preferencias programadas de cada usuario.

2.1.1 Controladores Lógicos Programables (PLC)

Los PLC son dispositivos diseñados para controlar procesos tanto en la industria como en el hogar, ejecutando lógicas de control programadas. Aunque en un principio fueron creados para la automatización en entornos industriales, su uso en la domótica ha ido creciendo gracias a su fiabilidad; flexibilidad y facilidad de integración con sensores y actuadores. Wei et al. (2019) presentan un sistema basado en PLC para automatizar la iluminación, demostrando que la combinación de redes neuronales y control PID permite obtener respuestas rápidas y precisas en entornos más complejos.

Entre los modelos más usados en aplicaciones residenciales se encuentran los de Siemens, Allen-Bradley y Schneider Electric; estos equipos permiten la integración de módulos de comunicación y sensores avanzados para mejorar el consumo de energía. En este estudio, se elige el PLC Siemens LOGO V8, ya que es compatible con módulos de comunicación inalámbrica, lo que facilita su integración con sistemas de control por voz y sensores de movimiento, como se muestra en la Figura 2.

Figura 2

Controladores LOGO Siemens



Nota: Imágen tomada de Alvarado (2020)

PLC LOGO! V8

El PLC LOGO! V8 de Siemens es un controlador lógico programable compacto, diseñado para automatizar procesos en proyectos de pequeña y mediana escala. Su estructura modular y la facilidad para programarlo lo hacen una opción bastante versátil, tanto para aplicaciones industriales como domésticas (Siemens, 2019).

Características:

- **Pantalla retroiluminada** que facilita la configuración y monitoreo local del sistema.
- **Interfaces de comunicación avanzadas**, incluyendo Ethernet y conectividad con la nube para el control remoto.
- **Capacidad de expansión** con módulos de entradas y salidas adicionales, permitiendo la adaptación a diversos tipos de automatización.
- **Software de programación LOGO! Soft Comfort V8**, que permite una programación visual mediante diagramas de bloques lógicos (Siemens, 2020).

Aplicaciones del PLC LOGO! V8:

- Automatización de sistemas de iluminación en edificios inteligentes.
- Control de bombas y sistemas de riego en la agricultura.
- Automatización de procesos industriales de pequeña escala.
- Integración con sensores para la optimización del consumo energético.

Según Bolton (2020), los PLC modernos como el LOGO! V8 ha mejorado la eficiencia en procesos industriales, reduciendo el consumo de energía y mejorando la seguridad operativa.

Programa LOGO! Soft Comfort V8

¡El LOGO! Soft Comfort V8 es el software oficial de Siemens para programar el PLC LOGO! V8. Es una herramienta fácil de usar que permite diseñar, simular y probar programas a través de una interfaz gráfica basada en lógica de bloques, como se muestra en la Figura 3.

Figura 3

Programación de LOGO Soft Comfort V8



Nota: Imagen tomada de TechnoPro (2021)

Funcionamiento:

- Utiliza un entorno de programación gráfica donde se pueden arrastrar y conectar bloques lógicos.
- Permite la simulación de los programas antes de su implementación en el PLC, reduciendo errores y optimizando el diseño.
- Se integra con sistemas externos a través de comunicación Ethernet, permitiendo la conexión con otros PLC o dispositivos inteligentes.

Instalación y requisitos:

- **Sistema operativo compatible:** Windows 7, 8, 10 y 11 (64 bits).
- **Requisitos mínimos de hardware:** Procesador de 1 GHz, 2 GB de RAM, 1 GB de espacio libre en disco.
- **Conexión requerida:** Puerto Ethernet para la comunicación con el PLC.

Aplicaciones prácticas:

- Control de iluminación mediante sensores y temporizadores.

- Automatización de motores eléctricos en procesos industriales.
- Monitoreo y gestión de energía en edificios inteligentes.

Cade Simu

El Cade Simu es un software de simulación de circuitos eléctricos y automatización que permite visualizar y analizar el comportamiento de sistemas eléctricos antes de su implementación física (Martínez, 2020).

Funcionamiento:

- Permite la creación y edición de diagramas eléctricos en un entorno visual interactivo.
- Simula el flujo de corriente y el comportamiento de los componentes en distintos escenarios.
- Compatible con componentes como contactores, sensores, motores y PLC, facilitando la integración con sistemas automatizados.

Instalación y requisitos:

- **Sistema operativo compatible:** Windows XP, 7, 8, 10 y 11.
- **Requisitos mínimos de hardware:** Procesador de 1 GHz, 512 MB de RAM, 500 MB de espacio libre en disco.
- **Conexión requerida:** No es obligatoria, ya que funciona en modo offline.

Aplicaciones prácticas:

- Diseño y simulación de tableros eléctricos antes de la instalación física.
- Pruebas de funcionamiento en circuitos de control sin necesidad de prototipos físicos.
- Formación académica en el área de automatización y electricidad.

2.1.2 Contactores

Los contactores son dispositivos electromecánicos diseñados para controlar el encendido y apagado de circuitos eléctricos de potencia. Funcionan mediante una bobina electromagnética que acciona un conjunto de contactos móviles, permitiendo la conexión o desconexión de la carga eléctrica (Bolton, 2015).

Tipos de contactores:

- **Contactores de corriente alterna (AC):** Utilizados en motores eléctricos y sistemas de iluminación de alta potencia, tal y como se muestra en la figura 4.

Figura 4

Contactores de corriente alterna



Nota: Imagen tomada de Bolton (2015)

- **Contactores de corriente continua (DC):** Aplicados en sistemas de tracción eléctrica y paneles solares.

Ventajas de los contactores en la automatización:

- Proporcionan seguridad eléctrica, ya que permiten el control remoto de sistemas de alto voltaje.
- Aumentan la vida útil de los equipos eléctricos, reduciendo el desgaste mecánico de interruptores manuales.
- Facilitan la integración con PLC y otros sistemas de automatización para un control preciso y eficiente (García, 2021).

2.1.3 Control por voz en la automatización de viviendas

El reconocimiento de voz se ha convertido en una de las formas más intuitivas para manejar sistemas automatizados. En iluminación inteligente, esta tecnología permite ejecutar comandos a través de asistentes virtuales o módulos de procesamiento de lenguaje natural. Liu

et al. (2019) destacan que los servicios de reconocimiento de voz en la nube han mejorado bastante la precisión en la interpretación de comandos, permitiendo activar varias funciones al mismo tiempo.

Existen dos formas principales de implementar sistemas de control por voz en viviendas:

1. **Procesamiento en la nube:** Usa plataformas como Google Assistant, Amazon Alexa o Apple Siri, que interpretan los comandos de voz y los convierten en instrucciones para los sistemas de automatización.
2. **Procesamiento local:** Funciona con dispositivos como Raspberry Pi y módulos ESP8266, que ejecutan el reconocimiento de voz sin depender de una conexión a Internet.

En este proyecto, se elige la segunda opción porque reduce la latencia en la ejecución de comandos y mejora la privacidad del usuario. Además, el sistema de control por voz se complementa con sensores de movimiento y reguladores de intensidad, permitiendo que la iluminación se active automáticamente cuando alguien entra en una habitación.

Comando de voz mediante Alexa

Alexa es un asistente virtual desarrollado por Amazon que permite la interacción mediante comandos de voz. Su integración con dispositivos inteligentes ha facilitado la gestión del hogar automatizado, permitiendo el control de luces, electrodomésticos y sistemas de seguridad (Amazon, 2021).

Figura 5

Aplicación Alexa



Nota: Imagen tomada de ProSmart (2021)

Funcionamiento de Alexa en la automatización del hogar:

- Emplea el procesamiento del lenguaje natural (PLN) para interpretar comandos de voz.
- Utiliza algoritmos de aprendizaje automático para mejorar su desempeño con el tiempo.
- Se conecta con dispositivos inteligentes a través de WiFi, Zigbee o Bluetooth.

Aplicaciones de Alexa:

- Control de iluminación mediante comandos de voz.
- Automatización de electrodomésticos inteligentes.
- Gestión de rutinas programadas para optimizar el consumo energético.

Estudios de Nguyen et al. (2020) han demostrado que los asistentes de voz mejoran la eficiencia en la administración del hogar, reduciendo el consumo energético en un 15% en sistemas automatizados.

Funcionamiento de Alexa en Automatización Residencial

Alexa opera a través de dispositivos Echo o aplicaciones móviles, recibiendo comandos de voz del usuario y ejecutando acciones preconfiguradas mediante la integración con dispositivos compatibles. Según López y Ramírez (2022), el proceso de funcionamiento de Alexa en la automatización de iluminación se basa en tres componentes clave:

1. **Reconocimiento de voz:** Alexa utiliza redes neuronales y procesamiento de lenguaje natural (NLP) para interpretar los comandos del usuario.
2. **Interfaz con dispositivos inteligentes:** Mediante protocolos como Wi-Fi, Zigbee y Bluetooth, Alexa se comunica con dispositivos de automatización como bombillas inteligentes y PLCs.
3. **Ejecución de comandos y rutinas:** El usuario puede establecer rutinas personalizadas para que la iluminación se encienda o apague según horarios, sensores de movimiento o comandos de voz específicos.

Estudios recientes han demostrado que el uso de asistentes de voz en la gestión de iluminación residencial puede reducir hasta un 20 % el consumo energético, al optimizar los patrones de encendido y apagado de luces en función de la ocupación y las necesidades del usuario (Sarabia Velásquez, 2023).

Interruptor Smart – WIFI compatible con Alexa

Los interruptores inteligentes con conectividad WiFi representan una evolución en la gestión de la iluminación y otros dispositivos eléctricos. Su compatibilidad con asistentes virtuales como Alexa permite el control mediante comandos de voz y aplicaciones móviles.

Figura 6

Interruptor Smart



Nota: Imagen tomada de Bolton (2021)

Principales características:

- Conexión remota a través de redes WiFi.
- Compatibilidad con múltiples asistentes virtuales como Alexa y Google Assistant.
- Función de temporizador para programar el encendido y apagado de dispositivos.
- Ahorro energético al evitar el consumo innecesario de electricidad.

Según Domótica Inteligente (2022), los interruptores smart han mejorado la eficiencia energética hasta en un 25% en hogares inteligentes.

Sensor de presencia

Los sensores de presencia detectan la permanencia de una persona en un espacio sin necesidad de movimiento físico, por lo que se puede apreciar en la tabla 1 algunas características. Utilizan tecnología infrarroja o ultrasónica para analizar variaciones en el entorno (González et al., 2019).

Tabla 1*Diferencias entre sensores de presencia y sensores de movimiento*

Característica	Sensor de Presencia	Sensor de Movimiento
Detección	Permanencia de un individuo	Movimiento en un área
Aplicaciones	Iluminación y climatización	Seguridad y alarmas
Tecnología	Infrarrojos, ultrasonidos	PIR (infrarrojos pasivos)

Estos sensores han optimizado el consumo energético en oficinas y edificios inteligentes, reduciendo el desperdicio eléctrico hasta en un 30% (Granados, 2020).

Luces – lámparas 110V

El sistema de iluminación a 110V es el más utilizado en instalaciones eléctricas residenciales en América Latina y Norteamérica. Las lámparas pueden clasificarse según lo descrito en la tabla 2:

Tabla 2*Tipos de lámparas*

Tipo de lámpara	Características
Incandescentes	Alto consumo, poca eficiencia.
Fluorescentes	Mayor eficiencia que las incandescentes.
LED	Mayor durabilidad y bajo consumo energético.

El uso de iluminación LED en combinación con sensores de presencia y controladores inteligentes mejora la eficiencia energética (Robert, 2020).

Pulsadores

Los pulsadores son dispositivos eléctricos utilizados para controlar circuitos eléctricos mediante una acción momentánea, tal y como se muestra en la figura 8. Su funcionamiento se basa en la activación temporal de un contacto eléctrico que, al ser presionado, permite el paso de corriente, y al soltarlo, interrumpe el flujo eléctrico (Bolton, 2020). Existen dos tipos principales de pulsadores: normalmente abiertos (NO), que permiten el paso de corriente solo

cuando se presiona el botón, y normalmente cerrados (NC), que cortan la corriente cuando son presionados (García & López, 2019). En los sistemas de automatización, los pulsadores son utilizados para activar procesos de control manualmente o como mecanismo de seguridad en circuitos con PLC.

Figura 7

Pulsadores



Nota: Imagen tomada de Mega (2022)

Luces Piloto para Pruebas

Las luces piloto son indicadores luminosos diseñados para señalar el estado operativo de un sistema eléctrico. Son ampliamente utilizadas en sistemas de control industrial y pruebas de automatización para verificar el correcto funcionamiento de sensores, temporizadores e interruptores (Siemens, 2021). Operan con distintos niveles de voltaje, generalmente 12V, 24V o 110V, y se presentan en diferentes colores que indican su función: verde para operación normal, rojo para fallos o alertas, y amarillo para estados de espera o advertencia (Rodríguez & Pérez, 2020). Su uso permite un diagnóstico rápido del estado del sistema sin necesidad de inspección directa, optimizando la supervisión de procesos automatizados, tal y como se aprecia en la figura 8.

Figura 8

Luces piloto



Nota: Imagen tomada de Mega (2022)

Luminaria Ojo de Buey

Las luminarias tipo "Ojo de Buey" son luces empotradas que se destacan por su diseño circular y compacto. Funcionan con tecnología LED y suelen instalarse en techos o paredes, ofreciendo una iluminación uniforme y estética (Mega, 2022). Su diseño permite distribuir la luz de manera eficiente, minimizando sombras y optimizando el consumo de energía.

Debido a su bajo consumo y larga vida útil, estas lámparas se han vuelto muy populares en sistemas de iluminación automatizados. Se integran fácilmente con sensores de presencia y controladores programables, lo que ayuda a mejorar la eficiencia energética en hogares y espacios comerciales, como se muestra en la Figura 9.

Figura 9

Luminaria ojo de Buey



Nota: Imagen tomada de Mega (2022)

2.2 Descripción de la propuesta

La propuesta presentada en este proyecto consiste en el diseño e implementación de un sistema de iluminación automatizada para viviendas basado en PLC y control por voz. Esta solución tiene como objetivo optimizar el consumo energético, mejorar la accesibilidad y proporcionar una mayor comodidad a los usuarios mediante la integración de tecnologías de automatización, sensores inteligentes y asistentes de voz.

a. Estructura general

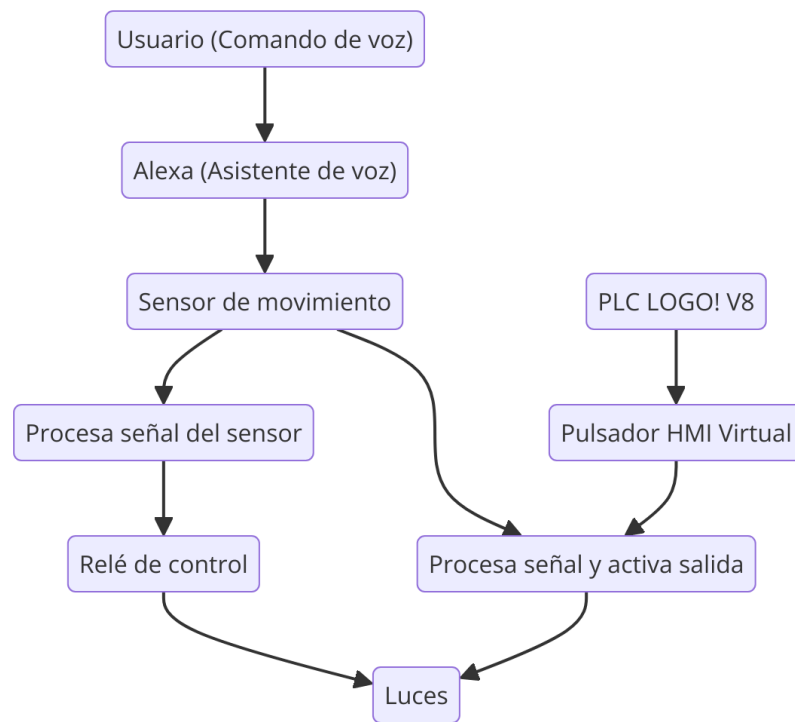
Para visualizar el funcionamiento y la estructura del sistema propuesto, se ha desarrollado un diagrama de bloques que muestra la interacción entre los distintos componentes de hardware y software.

Diagrama de bloques del sistema de iluminación automatizada

A continuación, En la Figura 10, se presenta el diagrama de bloques donde se ilustran los principales elementos del sistema y su conexión funcional:

Figura 10

Diagrama de sistema de iluminación



Los principales componentes del sistema son:

1. **Controlador Lógico Programable (PLC Siemens LOGO V8)**: Se encarga de gestionar las señales provenientes de los sensores y ejecutar las órdenes para activar o regular la iluminación.
2. **Módulo de reconocimiento de voz**: Permite que los usuarios controlen el sistema de iluminación mediante comandos de voz.

3. **Sensores de movimiento PIR:** Detectan la presencia de personas en una habitación y activan automáticamente la iluminación.
4. **Sensores de luminosidad:** Miden la cantidad de luz natural disponible y ajusta la intensidad de las luminarias según sea necesario.
5. **Actuadores de iluminación LED:** Ejecutan las órdenes del PLC y permiten regular la intensidad lumínica.
6. **Interfaz de usuario remota:** Permite la gestión del sistema a través de una aplicación móvil o una plataforma web.
7. **Comunicación inalámbrica (Wi-Fi y MQTT):** Facilita la interacción entre los distintos módulos sin necesidad de cableado adicional

b. Explicación del aporte

Interactividad y funcionalidad del sistema

El sistema de iluminación automatizada propuesto se basa en un modelo interactivo que permite la participación activa del usuario en el control y personalización de la iluminación en su vivienda. La integración del reconocimiento de voz y los sensores inteligentes permite una interacción fluida y sin la necesidad de interfaces físicas, lo que lo convierte en una solución accesible para personas con movilidad reducida.

Recursos utilizados y su contribución al aprendizaje

Cada uno de los componentes utilizados en la propuesta desempeña una función específica dentro del sistema, permitiendo su correcto funcionamiento:

- **PLC Siemens LOGO V8:** Facilita la gestión centralizada de los dispositivos, proporcionando una plataforma confiable para la automatización.
- **Sensores de movimiento:** Permiten detectar la presencia de usuarios y activar las luces de manera automática.
- **Sensores de luminosidad:** Ajustan la iluminación en función de la luz ambiental, optimizando el consumo energético.
- **Módulo de reconocimiento de voz:** Permite la interacción del usuario mediante comandos de voz, facilitando el control del sistema.

- **Actuadores LED regulables:** Brindan flexibilidad en la intensidad de la iluminación según las necesidades del usuario.
- **Comunicación inalámbrica (Wi-Fi y MQTT):** Permite la conectividad entre los diferentes elementos del sistema sin necesidad de cableado adicional.

Actividades de evaluación del sistema

Para medir la efectividad del sistema, se han planteado diversas pruebas y evaluaciones:

1. **Pruebas de precisión del reconocimiento de voz:** Se analizará la capacidad del sistema para interpretar comandos en distintos entornos y niveles de ruido.
2. **Medición de la eficiencia energética:** Se comparará el consumo de energía antes y después de la implementación del sistema para verificar su impacto.
3. **Pruebas de usabilidad:** Se aplicarán encuestas a los usuarios para evaluar la facilidad de uso y la percepción de comodidad del sistema.
4. **Simulación de escenarios de automatización:** Se evaluará el comportamiento del sistema en diversas condiciones, como cambios bruscos en la iluminación natural y la detección de presencia en habitaciones.

Construcción del conocimiento a través de la implementación

El desarrollo de este sistema no solo contribuye a la automatización del hogar, sino que también proporciona aprendizajes clave en el ámbito de la ingeniería electrónica y la domótica. La integración de distintas tecnologías y metodologías en un sistema funcional permite:

- Comprender la programación y configuración de PLC en entornos residenciales.
- Desarrollar habilidades en el diseño de sistemas de control mediante sensores y actuadores.
- Explorar el impacto de la automatización en la eficiencia energética y la accesibilidad.

c. Estrategias y/o técnicas

Estrategias Metodológicas Implementadas

El desarrollo del sistema de iluminación automatizado se basó en un enfoque experimental y aplicado, utilizando estrategias metodológicas que garantizan su estabilidad, eficiencia y escalabilidad. Las estrategias empleadas incluyen:

1. Desarrollo Iterativo del Prototipo:

- Se implementó un ciclo de pruebas, ajustes y validaciones, permitiendo la optimización progresiva del sistema.
- Se analizaron diferentes configuraciones de control para garantizar la estabilidad operativa del PLC y su correcta interacción con los sensores y actuadores.

2. Integración Modular:

- Cada componente fue desarrollado y evaluado de forma independiente antes de ser integrado en el sistema completo.
- Se llevaron a cabo pruebas unitarias para verificar la funcionalidad de los sensores de movimiento, los interruptores WiFi y la interfaz HMI.

3. Optimización Basada en Datos:

- Se recopilaron mediciones del consumo energético antes y después de la automatización.
- Se implementaron ajustes en la sensibilidad de los sensores y la temporización de los dispositivos con base en los registros obtenidos, permitiendo una mejor gestión energética.

4. Validación con Usuarios Finales:

- Se realizaron pruebas operativas en un entorno real, evaluando la percepción de confort, seguridad y facilidad de uso.
- Se recolectaron datos sobre la interacción de los usuarios con el sistema y se realizaron ajustes finales en la configuración del PLC y la interfaz de control.

Estrategia de Funcionamiento del Sistema de Iluminación Automatizado

El sistema de iluminación implementado opera bajo un esquema de control inteligente gestionado por un PLC Siemens LOGO V8, permitiendo la activación y desactivación de los puntos de luz mediante distintos mecanismos de control, optimizando la eficiencia energética y mejorando la experiencia del usuario.

Mecanismos de Control Implementados

1. Control mediante Interruptores WiFi:

- Permite el encendido y apagado de la iluminación de forma remota mediante la aplicación Tuya Smart y el asistente de voz Alexa.
- La integración con la red inalámbrica facilita el monitoreo y la interacción con el sistema desde cualquier ubicación con acceso a internet.

2. Activación mediante Sensores de Movimiento:

- La detección de presencia permite encender automáticamente las luces al identificar movimiento en las zonas configuradas.
- Se establecieron tiempos de apagado programados en el PLC para minimizar el consumo innecesario de energía.
- Esta funcionalidad se complementa con la programación de un temporizador semanal, que restringe la activación del sistema en horarios específicos (6 PM - 6 AM).

3. Pulsador Virtual a través de la Interfaz HMI:

- Se implementó una interfaz gráfica desarrollada en **LOGO! Web Editor**, permitiendo la activación y desactivación manual de las luces desde una pantalla táctil o cualquier dispositivo con acceso a la red local.
- El diseño de la HMI permite la interacción en tiempo real con los dispositivos de control, brindando una alternativa adicional a los métodos tradicionales de activación.

Arquitectura del Sistema de Control

El sistema de iluminación se estructuró mediante una lógica de control basada en bloques funcionales programados en LOGO! Soft Comfort V8, estableciendo una secuencia de

operación robusta y adaptable a diferentes escenarios. Dentro de la arquitectura de control se destacan:

- **Temporizador Semanal:**
 - Configurado para restringir la activación de las luces en horarios programados, asegurando que solo funcionen dentro del rango de **18:00 - 06:00**.
- **Relé de Impulsos:**
 - Permite la activación automática de las luces mediante señales digitales generadas desde la interfaz HMI o los sensores de movimiento.
 - Configurado con prioridad de activación, permitiendo que las señales de presencia sean predominantes sobre los comandos manuales cuando el sistema está en modo automático.
- **Control Jerárquico de Iluminación:**
 - La integración del PLC con los dispositivos IoT permite combinar diferentes modos de operación, asegurando flexibilidad y adaptabilidad en su uso.
 - Se implementaron reglas de operación para evitar activaciones simultáneas innecesarias y garantizar la eficiencia energética.

2.3 Validación de la propuesta

La propuesta de automatización del sistema de iluminación basada en PLC Siemens LOGO V8 fue sometida a la evaluación de tres especialistas en automatización, eficiencia energética y domótica. El objetivo de esta evaluación fue determinar la viabilidad, aplicabilidad y pertinencia técnica del sistema en entornos residenciales y su posible replicabilidad en otros espacios con características similares.

Cada especialista aplicó una rúbrica de evaluación en la que se analizaron criterios fundamentales para la validación del proyecto. Los documentos firmados por los evaluadores se incluyen en ANEXO 2.

Tabla 3*Validadores*

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
Christian Vizcaíno	13	Msc. Docencia Universitaria	<i>Docente, coordinador de año y de área</i>
Mayra Lizano	7	Msc. Educación, Tecnología e innovación	<i>Docente, coordinadora de área</i>
David Vega	11	Msc. Pedagogía de las Ciencias Experimentales Mención Matemática y Física	<i>Docente y coordinador del área de matemática</i>

Tabla 4*Criterios de evaluación Christian Vizcaíno*

EVALUACIÓN SEGÚN IMPORTANCIA Y RESPONSABILIDAD					
CRITERIOS	En total desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Impacto					x
Aplicabilidad					x
Conceptualización					x
Actualidad					x
Calidad Técnica					x
Factibilidad					x
Pertinencia				x	

El primer especialista consideró que el sistema de iluminación automatizado tiene gran aplicabilidad y factibilidad dentro del entorno residencial. Resaltó su impacto positivo en la

eficiencia energética y su adecuada conceptualización técnica, afirmando que los principios de automatización y control lógico programable están correctamente implementados. Además, destacó la calidad técnica del proyecto como "totalmente acorde con las tendencias actuales de la domótica y el IoT".

Tabla 5

Criterios de evaluación Mayra Lizano.

EVALUACIÓN SEGÚN IMPORTANCIA Y RESPONSABILIDAD					
CRITERIOS	En total desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalme nte de acuerdo
Impacto					x
Aplicabilidad					x
Conceptualización					x
Actualidad				x	
Calidad Técnica					x
Factibilidad					x
Pertinencia				x	

El segundo especialista valoró positivamente el impacto del sistema y su aplicabilidad en la gestión del consumo eléctrico. Resaltó que la propuesta "es completamente pertinente y actual, ya que las tecnologías de automatización están en constante crecimiento en el sector residencial". También subrayó la calidad técnica y la escalabilidad del sistema, asegurando que la arquitectura modular implementada facilita su expansión a diferentes tipos de edificaciones.

Tabla 6

Criterios de evaluación David Vega

EVALUACIÓN SEGÚN IMPORTANCIA Y RESPONSABILIDAD					
CRITERIOS	En total desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

Impacto				x	
Aplicabilidad					x
Conceptualización					x
Actualidad				x	
Calidad Técnica					x
Factibilidad					x
Pertinencia					x

El tercer especialista enfatizó el impacto positivo en la eficiencia energética, indicando que la reducción del consumo en un 41.7% en promedio demuestra la efectividad del sistema. También señaló que la conceptualización y diseño de la propuesta cumplen con los estándares de automatización residencial, destacando la fiabilidad del PLC Siemens LOGO V8 y su capacidad para integrar múltiples dispositivos IoT. Consideró que el proyecto tiene alta aplicabilidad y viabilidad económica, con un retorno de inversión en menos de dos años.

2.4 Matriz de articulación de la propuesta

En la presente tabla 7 matriz se sintetiza la articulación del producto realizado con los sustentos teóricos, metodológicos, estratégicos-técnicos y tecnológicos empleados.

Tabla 7

Matriz de articulación

Ejes o partes principales del proyecto	Breve descripción de los resultados de cada parte	Sustento teórico aplicado en la construcción del proyecto	Metodologías, herramientas técnicas y tecnológicas empleadas
1. Definición de elementos electrónicos y de control	Se identificaron los dispositivos electrónicos esenciales para la automatización, incluyendo el PLC Siemens LOGO V8, sensores de movimiento, interruptores WiFi y luces piloto. Se establecieron las variables de entrada y salida para su correcta integración.	Automatización y control de procesos, Internet de las Cosas (IoT), Redes de comunicación inalámbrica, Integración de PLC en domótica.	Análisis comparativo de dispositivos electrónicos, Evaluación de compatibilidad con el PLC Siemens LOGO V8, Diseño de diagramas eléctricos en software de simulación.
2. Diseño del sistema de iluminación automatizada	Se elaboró la arquitectura del sistema mediante diagramas eléctricos y gráficos funcionales. Se diseñó la programación del PLC con lógica de control para gestionar sensores y la activación de luminarias mediante temporizadores y comandos de voz.	Programación de PLC, Control de iluminación automatizada, Protocolos de comunicación para dispositivos domóticos, Configuración de temporizadores y sensores.	Diseño de esquemas eléctricos en CADE SIMU, Programación del PLC en LOGO! Soft Comfort, Configuración de sensores y temporizadores semanales.
3. Implementación del sistema automatizado	Se integraron los sensores, actuadores e interruptores WiFi con el PLC en un entorno de pruebas antes de la instalación definitiva en la vivienda. Se configuró la red de comunicación y se realizaron pruebas de conexión con Alexa y Tuya Smart.	Instalaciones eléctricas y cableado estructurado, Configuración de redes WiFi, Integración de asistentes de voz con PLC, Implementación de controles automáticos.	Instalación de cableado estructurado, Configuración de redes inalámbricas y dispositivos WiFi, Implementación física del PLC y pruebas de comunicación con Alexa.
4. Pruebas y evaluación del sistema	Se realizaron pruebas de funcionamiento verificando tiempos de respuesta de sensores, precisión del reconocimiento de voz y	Métodos de evaluación de sistemas automatizados, Medición del consumo energético, Seguridad y	Medición de tiempos de respuesta de sensores, Evaluación de consumo energético con comparaciones antes y

	efectividad de los temporizadores semanales. Se evaluó el impacto del sistema en la reducción del consumo energético.	confiabilidad en redes de automatización.	después de la automatización, Simulación de fallos eléctricos y análisis de fiabilidad.
5. Optimización y futuras mejoras	Se analizaron mejoras en la calibración de sensores y la optimización del sistema de control. Se evaluó la posibilidad de expandir el sistema con otros dispositivos IoT y su replicabilidad en otras viviendas con costos y beneficios estimados.	Optimización del control mediante lógica programada, Integración de nuevas tecnologías en automatización, Evaluación de la escalabilidad del sistema.	Evaluación de costos y retorno de inversión, Integración con nuevos dispositivos IoT, Análisis de escalabilidad en entornos residenciales.

2.5 Análisis de resultados. Presentación y discusión.

2.5.1 Configuración Inicial en LOGO! Soft Comfort

El sistema de iluminación automatizada se programó utilizando el software LOGO! Soft Comfort de Siemens. A través de esta plataforma, se definieron las funciones y conexiones necesarias para la automatización del control de iluminación en distintas áreas de la vivienda.

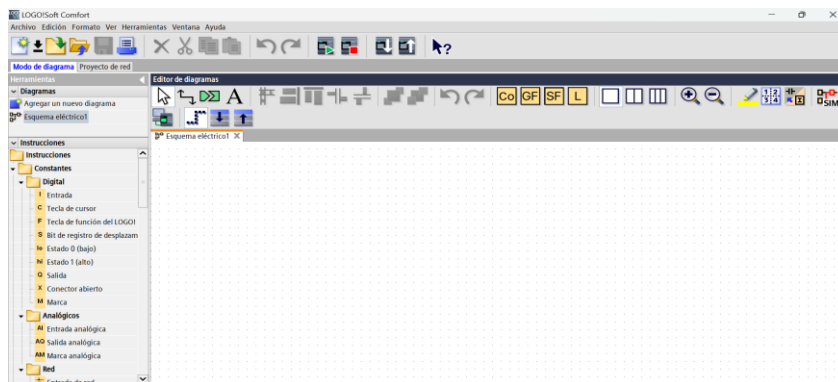
2.4.1.1 Inicio en LOGO! Soft Comfort

La interfaz inicial del software presenta las herramientas para la creación de diagramas de control, como se muestra en la figura 11. En esta fase se realizaron las siguientes configuraciones:

- **Modo de Diagrama:** Se seleccionó la opción de "Esquema Eléctrico" para el diseño del circuito.
- **Editor de Diagramas:** Se utilizaron las funciones básicas del software, incluyendo la inserción de entradas, salidas y operadores lógicos.

Figura 11

Inicio ventana del Software Logo Soft Comfort

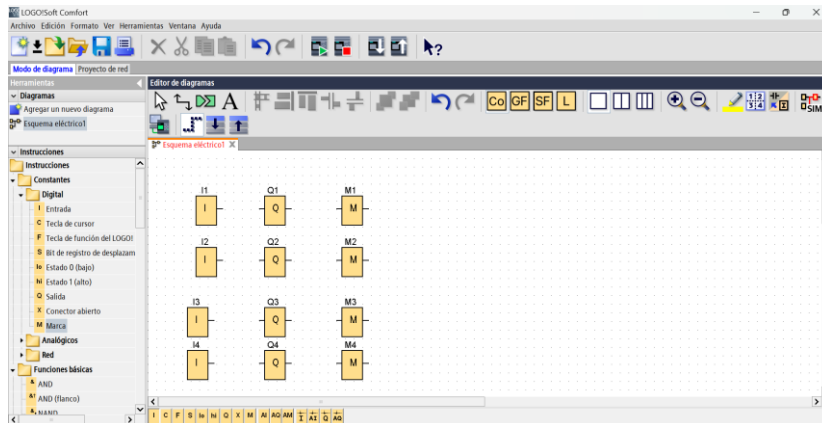


Funciones Digitales y Conectores

- Se establecieron entradas digitales para los sensores de movimiento y los interruptores WiFi.
- Se definieron salidas digitales para activar y desactivar las luminarias.
- Se incorporaron temporizadores y operadores lógicos para gestionar el encendido y apagado de luces.

Figura 12

Funciones digitales Constantes/conectores

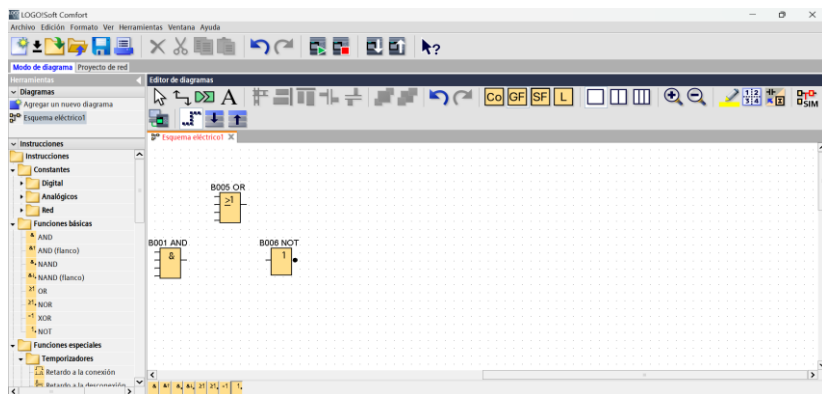


Funciones Básicas del LOGO! Soft Comfort

El software LOGO! Soft Comfort de Siemens permite la programación y simulación de sistemas de automatización utilizando bloques lógicos. Sus funciones básicas son esenciales para la implementación del control de iluminación automatizado. A continuación, se detallan los elementos clave de la plataforma, como se expresa en la figura 13:

Figura 13

Funciones Básicas del LOGO! Soft Comfort



2.4.1.2 Elementos de Programación en LOGO! Soft Comfort

El software incluye un conjunto de herramientas para la creación y simulación de diagramas lógicos. Los principales elementos utilizados en el proyecto son:

- **Constantes y conectores:** Permiten definir entradas y salidas en el programa.
- **Funciones digitales:** Incluyen entradas/salidas digitales, interruptores y sensores.

- **Funciones básicas:** Operadores lógicos como AND, OR y NOT, fundamentales para la programación del PLC.
- **Temporizadores:** Controlan la activación y desactivación de dispositivos según un tiempo establecido.
- **Bloques de memoria:** Almacenan estados previos del sistema para la toma de decisiones.

Operadores Lógicos Básicos

El sistema de control de iluminación se basa en el uso de funciones lógicas básicas para determinar el comportamiento de las luminarias. En la imagen mostrada, se observan los operadores utilizados:

- **AND (B001):** Permite que la salida se active sólo cuando ambas entradas están activas.
- **OR (B005):** La salida se activa si al menos una de las entradas está activa.
- **NOT (B008):** Invierte la señal de entrada (si recibe un 1, entrega un 0 y viceversa).

Estos operadores se combinan para definir las condiciones de encendido de las luces en función de sensores de movimiento, temporizadores y controles manuales.

2.4.1.3 Aplicación de las Funciones en el Sistema de Iluminación

Cada función lógica tiene un propósito específico en la automatización de las luminarias:

- **AND:** Se utiliza para permitir el encendido de la luz solo si se cumplen varias condiciones (por ejemplo, si el sensor detecta movimiento y el horario es el correcto).
- **OR:** Permite que la luz se encienda mediante diferentes medios (sensor de presencia o interruptor WiFi Alexa).
- **NOT:** Se usa para bloquear la activación de la luz en horarios no permitidos.

Implementación en el Sistema

El uso de estas funciones lógicas garantiza que el sistema responda correctamente a los estímulos programados. Se diseñaron circuitos específicos para cada área de la casa, asegurando que:

- Las luces se activan solo cuando sea necesario.
- Se optimice el consumo energético mediante temporizadores.

- Los sensores y los interruptores WiFi trabajan de manera coordinada.

2.4.4 Editor de Diagramas en LOGO! Soft Comfort

El editor de Diagramas en el software LOGO! Soft Comfort permite diseñar, organizar y programar los circuitos lógicos que controlan el sistema de iluminación automatizada. Su interfaz gráfica proporciona herramientas para la edición y configuración de bloques funcionales, como se observa en la figura 14.

Figura 14

Editor de Diagramas



Funciones Principales del Editor de Diagramas

El editor facilita la implementación de automatización mediante el uso de diagramas eléctricos basados en bloques lógicos. Algunas de sus herramientas más relevantes incluyen:

- Herramienta de selección: Permite seleccionar y mover componentes dentro del diagrama.
- Función de edición de texto: Agrega etiquetas y descripciones a los bloques para mejorar la claridad del circuito.
- Opciones de conexión: Permiten unir bloques mediante líneas de control lógico.
- Herramientas de ajuste y alineación: Facilitan la organización de los componentes en el diagrama.

Elementos Clave en el Editor

La imagen del Editor de Diagramas muestra varias herramientas esenciales para la programación del PLC:

Herramientas de conexión y edición

- Permiten la vinculación de entradas y salidas.
- Facilitan la estructuración del circuito lógico mediante líneas de conexión.

Bloques de control y funciones básicas

- Incluyen **compuertas lógicas** (AND, OR, NOT) para definir el comportamiento del sistema.
- **Temporizadores y contadores** que regulan los tiempos de activación y desactivación de las luminarias.

Opciones de simulación

- Permiten comprobar la funcionalidad del programa antes de su transferencia al PLC.
- Verifican el correcto funcionamiento de sensores e interruptores en el sistema.

Aplicación del Editor en el Proyecto

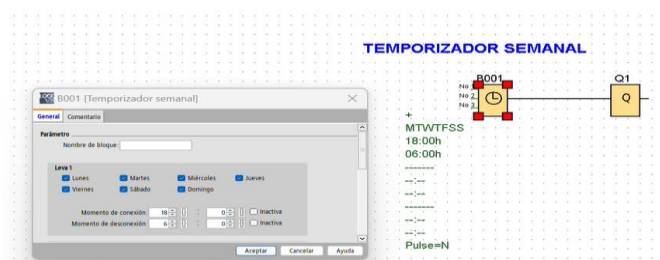
El Editor de Diagramas fue utilizado para diseñar los circuitos de iluminación automatizada en la sala, cocina y exterior. Mediante la combinación de sensores de movimiento, temporizadores y comandos de voz, se logró un sistema eficiente y adaptable a distintas condiciones de uso.

Temporizador Semanal:

- Configurado para activar y desactivar automáticamente la iluminación en horarios específicos (de 18:00 a 06:00).
- Permite optimizar el uso de energía evitando el encendido innecesario de luces durante el día.
- Implementado dentro del PLC para operar de manera autónoma sin intervención del usuario.

Figura 15

Temporizador semanal como indicativo



Relé de Impulsos:

- Se utiliza para la activación y desactivación automática de la iluminación desde la interfaz HMI.
- Permite integrar señales digitales con sensores de movimiento y comandos manuales.
- Facilita la interacción con el sistema mediante pulsadores físicos o virtuales.

Figura 16

Relé de impulsos para una activación automática desde la interfase hmi

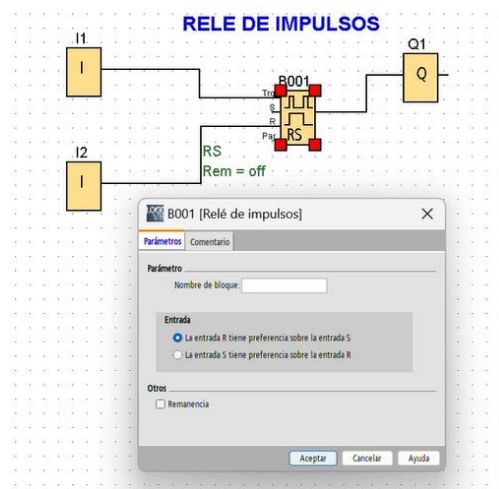
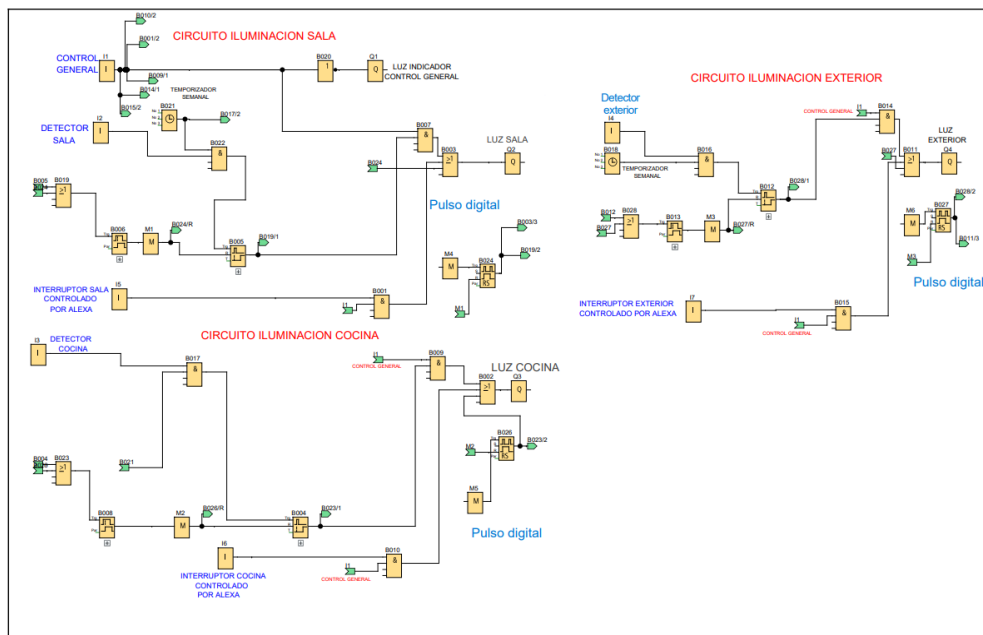


Diagrama Completo del PLC:

- Representa la interconexión de todos los elementos del sistema de iluminación automatizado.
- Incluye sensores de movimiento, interruptores controlados por Alexa y señales digitales de activación.
- Se segmenta en tres circuitos principales:
 - **Iluminación de Sala:** Controlada por sensores y pulsadores digitales.
 - **Iluminación de Cocina:** Integrada con control de voz y sensores de presencia.
 - **Iluminación Exterior:** Optimizada con temporizadores y sensores de movimiento.
- Garantiza la automatización eficiente del sistema mediante el uso de lógica programada en el PLC Siemens LOGO V8.

Figura 17

Diagrama completo de la programación en PLC



2.4.5 Programación del Circuito de Iluminación en LOGO! Soft Comfort

La automatización del sistema de iluminación se realizó utilizando LOGO! Soft Comfort de Siemens, configurando circuitos lógicos para las distintas áreas de la vivienda. Se implementaron sensores de presencia, temporizadores y control por voz mediante Alexa.

Lógica de Funcionamiento del Sistema de Iluminación

Cada sección del sistema (Sala, Cocina y Exterior) sigue la misma lógica de control basada en los siguientes principios:

Condición de activación:

- El control general debe estar activado.
- El detector de presencia debe detectar movimiento.
- El sistema solo funcionará dentro del horario programado (6 PM - 6 AM) mediante el temporizador semanal.

Opciones de control manual:

- **Interruptor WiFi Alexa**, que permite activar/desactivar las luces de forma remota.
- **Control por voz mediante Alexa**, permitiendo un acceso más intuitivo.

Desactivación automática:

- Si no se detecta presencia después de un tiempo preestablecido, el sistema apaga la luz.
- Fuera del horario programado, los sensores no activan las luces.

Circuito de Iluminación Sala**Funcionamiento:**

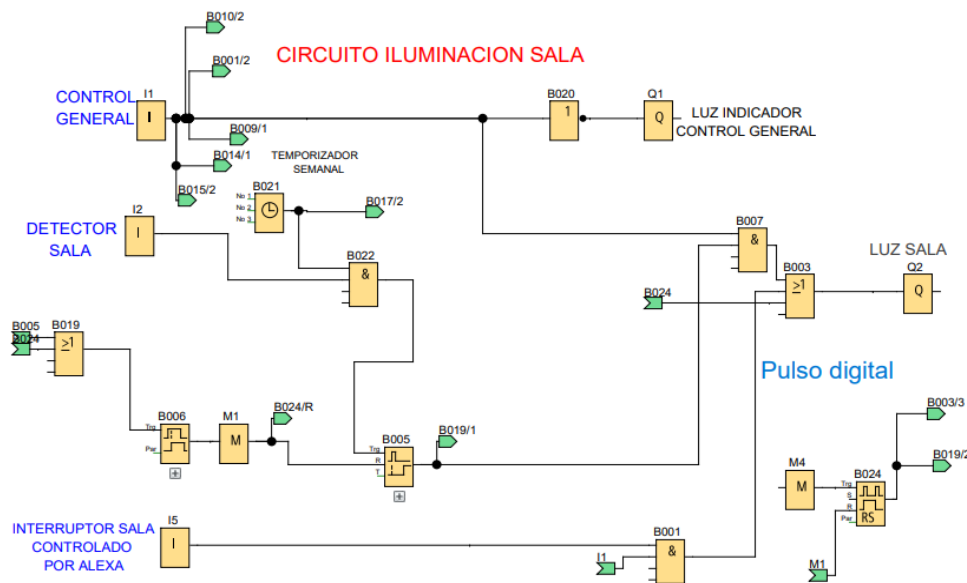
- Cuando el sensor de presencia detecta movimiento dentro del horario programado, la luz se activa.
- El interruptor WiFi Alexa permite encender o apagar la luz manualmente.
- El control general supervisa el sistema y permite su funcionamiento solo si está activo.

Elementos en la programación:

- **Entrada I1:** Detector de movimiento de la sala.
- **Entrada I2:** Interruptor WiFi Alexa.
- **Bloques lógicos:** AND, OR, NOT para la toma de decisiones.
- **Salida Q2:** Luz de la sala.
- **Temporizador B007:** Restricción horaria de operación.

Figura 18

Circuito de Iluminación sala



Circuito de Iluminación Cocina

Funcionamiento:

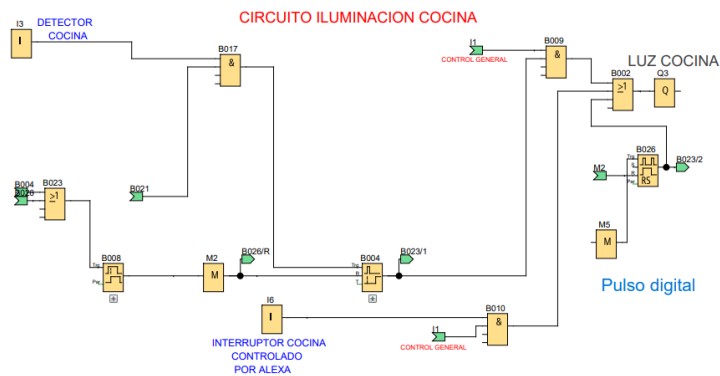
- Similar a la sala, la luz se enciende cuando el detector de movimiento capta presencia dentro del horario programado. Con el reloj semanal que funciona de 6pm a 6 am
- Se puede activar con comando de voz y manualmente con el interruptor WiFi Alexa.

Componentes utilizados:

- **Entrada I3:** Detector de movimiento de la cocina.
- **Entrada I4:** Interruptor WiFi Alexa.
- **Salida Q3:** Luz de la cocina.
- **Bloques AND, OR, NOT:** Control de activación y seguridad.
- **Temporizador B017:** Permite la activación solo entre 6 PM - 6 AM.

Figura 19

Circuito de Iluminación cocina



Circuito de Iluminación Exterior

Funcionamiento:

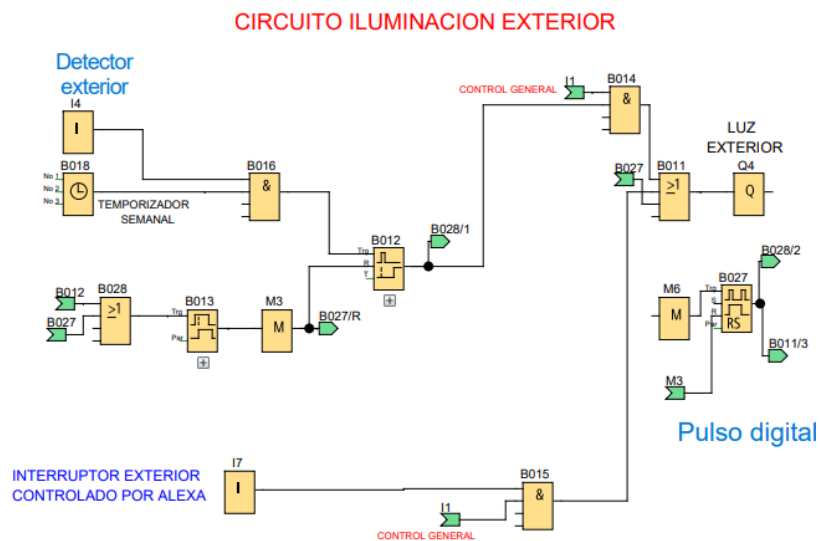
- Se activa con el sensor de presencia al detectar movimiento dentro del horario establecido.
- Puede encenderse o apagarse manualmente con Alexa o el interruptor WiFi.

Componentes en la programación:

- **Entrada I5:** Detector de presencia en el área exterior.
- **Entrada I6:** Interruptor WiFi Alexa.
- **Salida Q4:** Luz exterior.
- **Temporizador B016:** Restringe el horario de encendido.
- **Compuertas lógicas:** Permiten una gestión eficiente de las señales de control.

Figura 20

Circuito de Iluminación exterior



2.4.6 Simulación del Funcionamiento del Sistema de Iluminación en LOGO! Soft Comfort

Después de la programación del circuito de iluminación en el PLC Siemens LOGO V8, se realizó la simulación en LOGO! Soft Comfort para validar el correcto funcionamiento antes de la implementación física.

Objetivo de la Simulación

La simulación permitió verificar que:

- Los sensores de presencia activan las luces correctamente.
- El sistema solo opera dentro del horario establecido (6 PM - 6 AM).
- Los interruptores WiFi y comandos de voz Alexa funcionan adecuadamente.
- Las luces se apagan automáticamente cuando no hay detección de movimiento.
- El control general regula la activación o desactivación de todo el sistema.

Simulación en LOGO! Soft Comfort

En las imágenes se observa el estado del sistema en funcionamiento ("ON"), con las conexiones activadas en azul y rojo.

Circuito de Iluminación Sala:

- El sensor de presencia detecta movimiento y activa la luz si el control general está encendido.
- El temporizador semanal verifica si el horario está dentro del rango permitido.
- La luz se puede activar también mediante el interruptor WiFi Alexa.

Circuito de Iluminación Cocina:

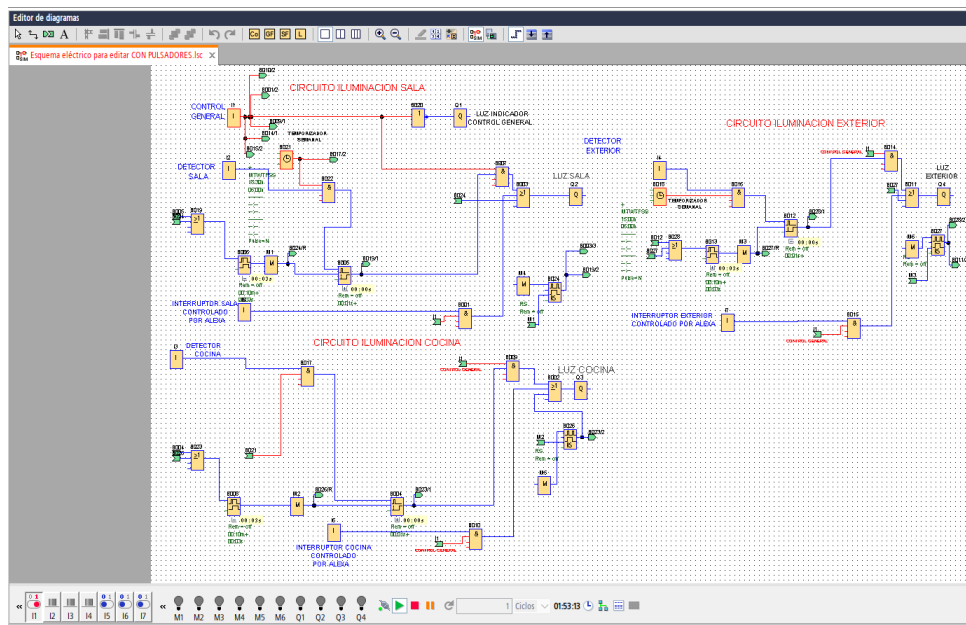
- Misma lógica de control que la sala, con detección de movimiento y activación manual opcional.

Circuito de Iluminación Exterior:

- Activación controlada por sensor de presencia y restricción horaria.
- Control por interruptor WiFi y comando de voz Alexa.

Figura 21

Simulación lista para funcionamiento



Resultados de la Simulación

Prueba 1: Detección de Movimiento

Se verificó que la activación de las luces ocurre únicamente cuando se detecta presencia.

Prueba 2: Control Manual con Interruptores WiFi

Los interruptores permiten encender y apagar la luz sin necesidad de sensores.

Prueba 3: Restricción Horaria

Se validó que fuera del horario programado, los sensores no activan las luces.

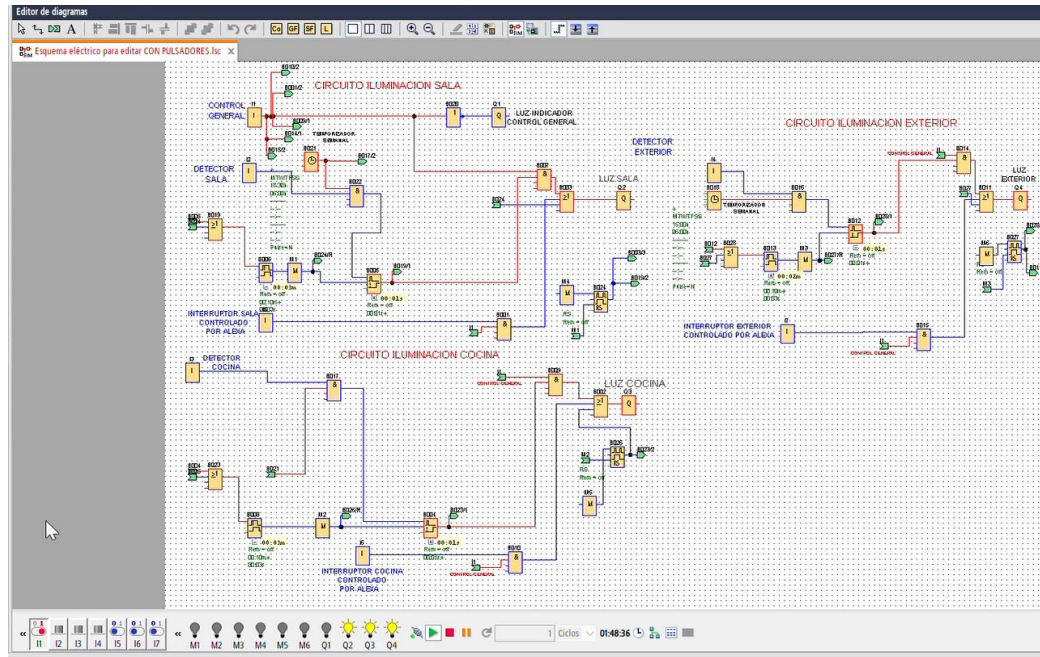
Prueba 4: Apagado Automático

En la Prueba 4: Apagado Automático, el sistema de iluminación se apaga después de un tiempo sin detección de movimiento. Este proceso es gestionado a través de un temporizador programado en el PLC Siemens LOGO V8, el cual controla la activación y desactivación de las luminarias según la presencia detectada en el área monitoreada.

Además de la automatización basada en sensores de movimiento, se ha implementado un pulso digital que puede ser activado manualmente desde una interfaz HMI virtual o iPad, permitiendo encender o apagar las luces sin depender exclusivamente de los sensores. Esta función mejora la flexibilidad del sistema al proporcionar una opción de control remoto en caso de que sea necesario gestionar la iluminación de forma manual.

Figura 22

Simulación en encendido

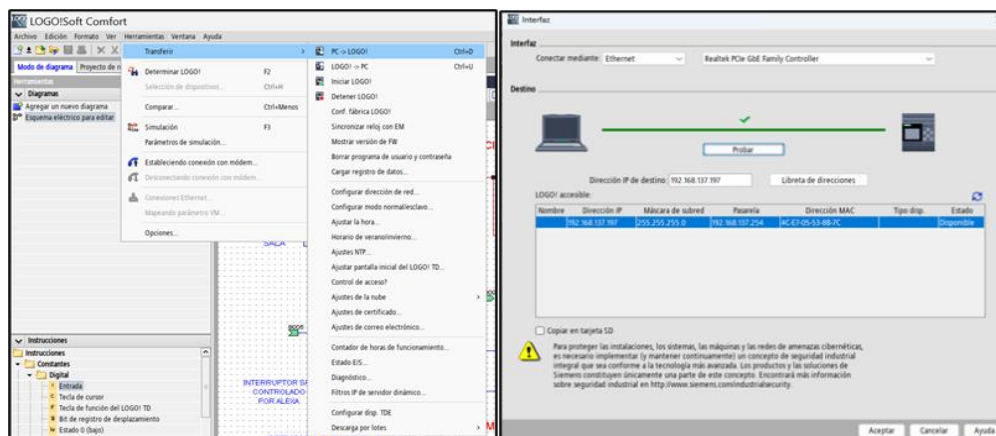


2.4.7 Transferencia del Programa al PLC LOGO! V8 mediante Ethernet

Una vez que la simulación del sistema de iluminación ha sido validada, el siguiente paso es transferir la programación al PLC Siemens LOGO! V8. Esto se realiza mediante una conexión Ethernet, permitiendo cargar el programa sin necesidad de programar directamente en el dispositivo, tal y como se observa en la figura 23.

Figura 23

Transferencia del programa al dispositivo



1. Proceso de Transferencia del Programa

Para enviar el código al PLC, se siguen los siguientes pasos en LOGO! Soft Comfort:

Paso 1: Seleccionar la Opción de Transferencia

- Ir a la barra de menú en LOGO! Soft Comfort y seleccionar "Transferir".
- Elegir "PC → LOGO!" (Atajo: Ctrl+D).

Este paso permite enviar el programa desde la computadora al PLC LOGO! V8.

Paso 2: Configuración de la Conexión

- En la ventana de **Interfaz**, seleccionar el tipo de conexión:
 - Conectar mediante: Ethernet (para conexión directa con el PLC).
 - También es posible realizar la transferencia del programa mediante WiFi, siempre que el PLC esté configurado para operar dentro de la misma red inalámbrica. Para ello, se debe seleccionar la interfaz Wi-Fi disponible en el sistema, asegurando una correcta asignación de direcciones IP y una conexión estable para evitar interrupciones en la transferencia de datos.
 - Seleccionar la tarjeta de red disponible en el sistema (en este caso, "Realtek PCIe GBE Family Controller").

Paso 3: Identificación del PLC en la Red

- El sistema detectará automáticamente el PLC conectado a la red local.
- Se mostrarán los siguientes datos:
 - **Dirección IP de destino:** 192.168.137.197
 - **Máscara de subred:** 255.255.255.0
 - **Puerta de enlace:** 192.168.137.254
 - **Dirección MAC del PLC:** Identificador único del dispositivo.
 - **Estado: Disponible** (listo para recibir la programación).

Se debe presionar el botón "Probar" para verificar la conexión con el PLC.

Si la prueba es exitosa, aparecerá una línea verde indicando que la comunicación es correcta.

Paso 4: Enviar el Programa al PLC

- Una vez comprobada la conexión, hacer clic en "Aceptar" para iniciar la transferencia del programa.
- El software enviará la programación al PLC, cargándola en su memoria interna.

Nota: También se puede copiar el programa en una tarjeta SD, lo que permite instalarlo en otro PLC sin necesidad de conectarlo a la computadora.

2. Verificación del Programa en el PLC

Después de la transferencia, se debe verificar que el programa se haya cargado correctamente:

1. Ejecutar el programa en el PLC y comprobar que las luces respondan según la lógica establecida.
2. Probar los sensores de presencia y los interruptores WiFi Alexa para validar su funcionamiento.
3. Revisar el estado de conexión del PLC a la red, asegurando la comunicación con Alexa y los dispositivos de automatización.

2.4.8 Diagrama Gráfico del Sistema de Iluminación Automatizado con PLC Siemens LOGO V8

El diagrama gráfico presentado muestra la conexión de los sensores, interruptores y luces al PLC Siemens LOGO V8, permitiendo la automatización del sistema de iluminación en la vivienda. Este esquema visualiza la distribución de los componentes y su relación con el controlador lógico programable (PLC).

1. Componentes del Diagrama

A continuación, se describen los elementos clave en la configuración del sistema:

Sensores de Movimiento PIR (I2, I3, I4)

- Detectan la presencia en diferentes áreas de la casa (Sala, Cocina y Exterior).
- Envía la señal de activación al PLC cuando detecta movimiento.

Interruptores Táctiles WiFi (I5, I6, I7)

- Permiten el control manual de las luces en la sala, cocina y exterior.
- Se pueden operar mediante comandos de voz con Alexa o aplicación móvil.

Interruptor General (I1 Control G.)

- Activa o desactiva el sistema de iluminación completo.
- Funciona como un apagado de emergencia para todo el sistema.

PLC Siemens LOGO V8

- Recibe las señales de los sensores e interruptores.
- Procesa la lógica de encendido/apagado de las luces.
- Permite la conexión con Alexa y dispositivos inteligentes.

Luces Indicadoras y Luminarias

- **Luz de Control:** Indica si el sistema está activado.
- **Luces de Sala, Cocina y Exterior:** Son activadas según la detección de movimiento o comandos de voz.

2. Funcionamiento del Sistema

Detección de Movimiento:

- Los sensores de presencia detectan movimiento y envían una señal al PLC.
- Si la detección ocurre dentro del horario permitido (6 PM - 6 AM), el PLC enciende la luz correspondiente.

Control Manual y por Voz:

- Los usuarios pueden encender/apagar las luces con interruptores táctiles WiFi o usando Alexa.
- Alexa ejecuta comandos como:

"Alexa, enciende la luz de la sala."

"Alexa, apaga la luz exterior."

Gestión del Control General:

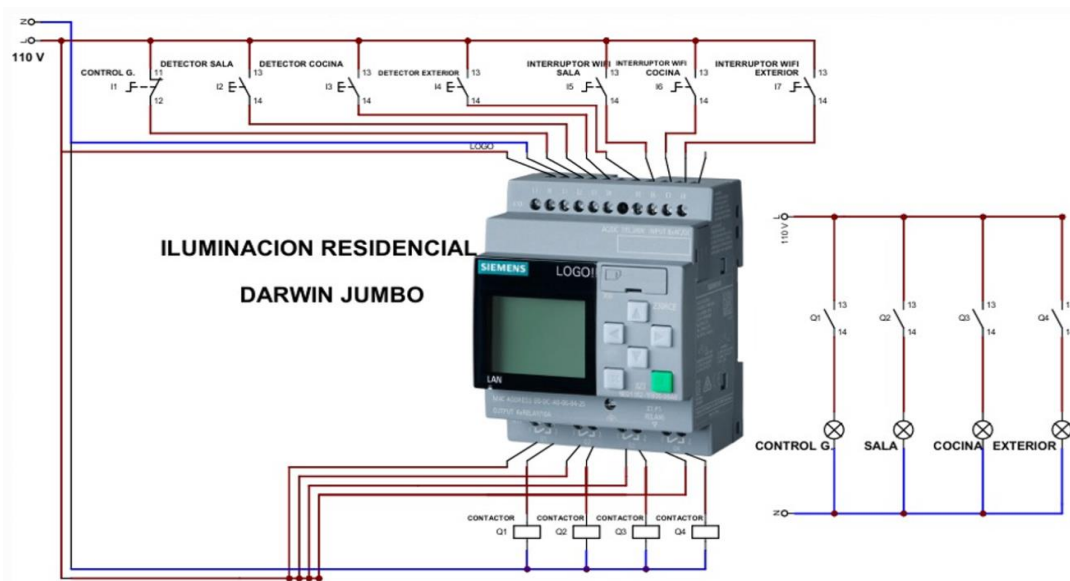
- Si el interruptor de control general (I1) está apagado, todo el sistema queda deshabilitado.
- Funciona como un apagador de seguridad para desactivar todas las luces.

2.4.9 Diagrama Representativo en CADE SIMU – Iluminación Residencial Automatizada

El diagrama eléctrico presentado fue diseñado en CADE SIMU, una herramienta utilizada para la simulación y verificación de circuitos eléctricos. En este esquema se representan las conexiones y componentes del sistema de iluminación automatizada controlado por el PLC Siemens LOGO V8, como se puede apreciar en la figura 24.

Figura 24

Diagrama en Cade Simu



1. Descripción del Diagrama

El sistema está diseñado para automatizar la iluminación de distintas áreas de una vivienda, optimizando el uso de energía mediante sensores de movimiento, interruptores WiFi y control por voz con Alexa.

Alimentación eléctrica:

- El sistema opera con 110V, representado en la parte superior del diagrama.
- Se distribuye a través de líneas de fase (rojo) y neutro (azul).

Elementos de Entrada (Entradas del PLC LOGO! V8):

- I1 - Control General: Habilita o deshabilita todo el sistema.
- I2 - Detector de Movimiento Sala: Activa la luz de la sala si se detecta presencia.
- I3 - Detector de Movimiento Cocina: Enciende la luz de la cocina.

- I4 - Detector de Movimiento Exterior: Gestiona la iluminación externa.
- I5 - Interruptor WiFi Sala: Permite encender/apagar manualmente desde Alexa o por aplicación móvil.
- I6 - Interruptor WiFi Cocina: Controla la iluminación de la cocina de manera remota.
- I7 - Interruptor WiFi Exterior: Gestiona la luz exterior con control por voz o app.

Salidas del PLC (Accionamiento de Contactores para Luminarias):

- Q1 - Control General: Indica si el sistema está activado.
- Q2 - Iluminación Sala: Se activa según detección de movimiento o comandos de voz.
- Q3 - Iluminación Cocina: Funciona con sensor de presencia o control manual.
- Q4 - Iluminación Exterior: Responde al detector de movimiento y al interruptor WiFi.

Uso de Contactores:

- Se utilizan contactores en cada circuito de iluminación para permitir el control eficiente de la corriente eléctrica de las luminarias.
- Cada contactor se activa cuando la señal del PLC lo indica, cerrando el circuito de la lámpara correspondiente.

2. Funcionamiento del Sistema

Modo Automático:

- Si los sensores detectan presencia dentro del horario permitido (6 PM - 6 AM), el PLC activa la iluminación de la zona correspondiente.

Modo Manual (Interruptores WiFi & Alexa):

- Los usuarios pueden encender o apagar las luces manualmente desde los interruptores táctiles WiFi.
- También pueden utilizar comandos de voz a través de Alexa para gestionar las luces.

Control General:

- Si el control general está apagado, ninguna luz del sistema funcionará, lo que permite un apagado completo de seguridad.

Ahorro Energético:

- Se evita el desperdicio de energía al apagar automáticamente las luces cuando no hay movimiento en la zona.
- Se optimiza el uso mediante la restricción horaria establecida.

1. Configuración en LOGO! Soft Comfort

Antes de utilizar **LOGO! Web Editor**, es necesario habilitar el acceso remoto desde el **PLC Siemens LOGO V8**, asegurando que la comunicación con la red y el acceso a la interfaz web estén correctamente configurados.

1. Acceso a la configuración de red

- Se accedió al menú **Herramientas → Transferir → Opciones**.
- Se seleccionó **Configuración de red** y se asignó una dirección IP estática dentro del rango de la red local para evitar conflictos de comunicación.
- Se verificó que el PLC estuviera correctamente conectado a la red mediante Ethernet.

2. Activación del Control de Acceso

- En el menú de Transferencia, se seleccionó la opción Control de acceso.
- Se configuró un usuario y una contraseña para restringir el acceso no autorizado al PLC.
- Se habilitó el control remoto para que otros dispositivos dentro de la red pudieran interactuar con el sistema de iluminación.

3. Configuración del Servidor Web

- Se activó la opción de Web Server dentro del LOGO! Soft Comfort, permitiendo que el PLC pueda ser monitoreado y controlado desde una interfaz web.

- Se habilitó el protocolo de comunicación adecuado para la interfaz, garantizando compatibilidad con navegadores modernos y seguridad en la conexión.

2. Configuración en LOGO! Web Editor

Una vez establecida la configuración básica en LOGO! Soft Comfort, se procedió a la implementación del LOGO! Web Editor para personalizar la interfaz web y facilitar la interacción con los dispositivos conectados.

1. Acceso a LOGO! Web Editor

- Se ingresó al software LOGO! Web Editor, donde se definieron los elementos de la interfaz de usuario.
- Se personalizaron los botones de control, indicadores de estado y paneles de visualización de información en tiempo real.

2. Diseño de la Interfaz Web

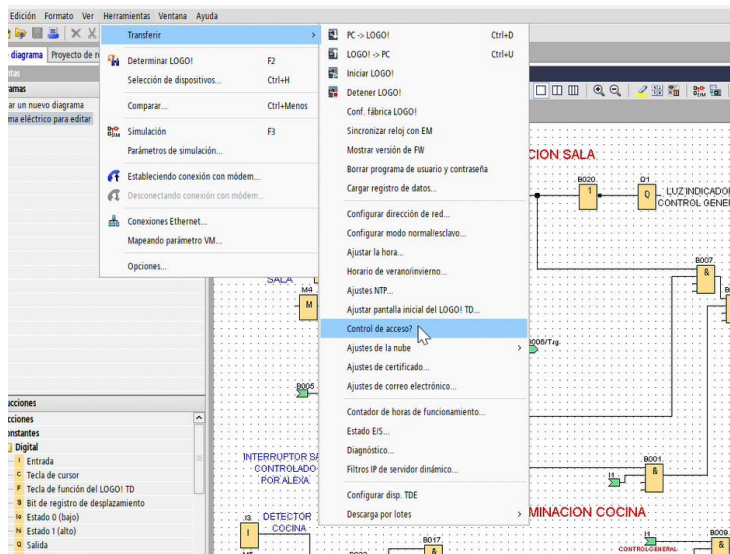
- Se incluyeron botones de encendido y apagado para cada sección de iluminación.
- Se agregaron indicadores visuales para mostrar el estado de las luces (activadas o desactivadas).
- Se integró un panel de monitoreo para visualizar el consumo de energía en tiempo real.

3. Pruebas y Verificación

- Se realizaron pruebas de conexión desde distintos dispositivos, incluyendo computadoras y teléfonos móviles.
- Se verificó que la interfaz respondiera en tiempo real a los cambios de estado de los sensores y los comandos del usuario.
- Se aseguró que el acceso estuviera restringido a los usuarios autorizados mediante la validación de credenciales.

Figura 25

Configuraciones en Logo



Configuración de Acceso y Seguridad en LOGO! Web Editor

Para utilizar el **LOGO! Web Editor** y permitir la gestión remota del sistema de automatización, fue necesario realizar una configuración previa en el **LOGO! Soft Comfort**. Esto garantizó el acceso seguro y eficiente a través de la red.

1. Configuración de Acceso en LOGO! Soft Comfort

Antes de utilizar el LOGO! Web Editor, se accedió a la opción "**Ajustes de control de acceso**", donde se configuraron los permisos para la conexión remota. En esta sección, se estableció lo siguiente:

- **Estado de Seguridad de Acceso:** Se verificó que el acceso LSC/LWE no estuviera asegurado por defecto, lo que indicaba que no tenía protección por contraseña.
- **Activación del Servidor Web:** Se habilitó la opción *Permitir acceso de servidor web*, eligiendo el protocolo **HTTPS** en lugar de HTTP para reforzar la seguridad.
- **Protección con contraseña:** Se activó la protección con credenciales para el acceso a las configuraciones remotas del LOGO!.
- **Desactivación de Puertos No Seguros:** Se deshabilitaron los protocolos **S7, Modbus y TDE**, ya que Siemens recomendó su cierre por razones de seguridad.

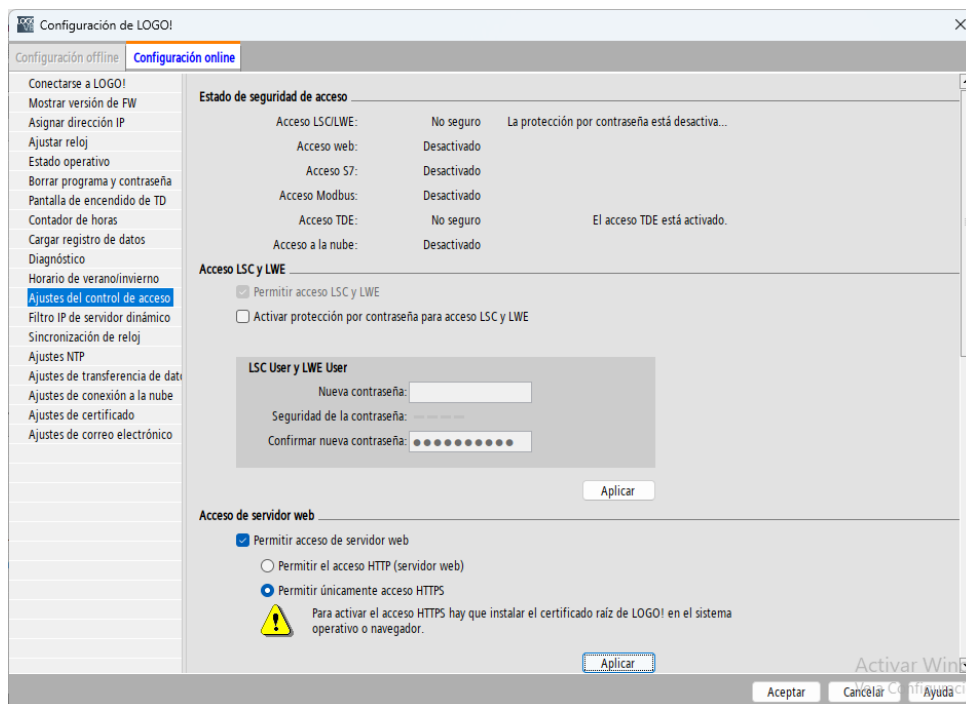
2. Permiso de Acceso HTTPS

Para establecer una conexión segura entre el navegador y el PLC LOGO!, se seleccionó la opción de **Permitir únicamente acceso HTTPS**. Este protocolo cifra la comunicación, evitando accesos no autorizados o vulnerabilidades de seguridad.

Se presentó una advertencia indicando que para activar HTTPS era necesario instalar el certificado raíz de **LOGO!** en el sistema operativo y en el navegador. Esto se realizó para garantizar que las conexiones fueran reconocidas como seguras y evitar errores de autenticación como se observa en la figura 26.

Figura 26

Permiso de Acceso HTTPS



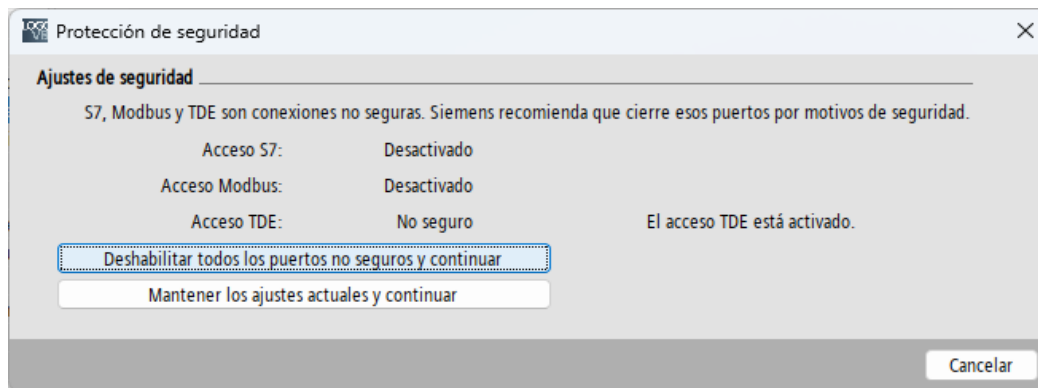
3. Ajustes de Seguridad Adicionales

Al habilitar las conexiones remotas, se accedió a la opción **Protección de seguridad**, donde se presentó un aviso recomendando la desactivación de puertos no seguros. Aquí se tomó la decisión de:

- **Deshabilitar todos los puertos no seguros y continuar**, minimizando la exposición del sistema a accesos no autorizados.
- **Configurar credenciales de usuario y contraseñas robustas**, protegiendo el acceso al PLC.

Figura 27

Protección de seguridad

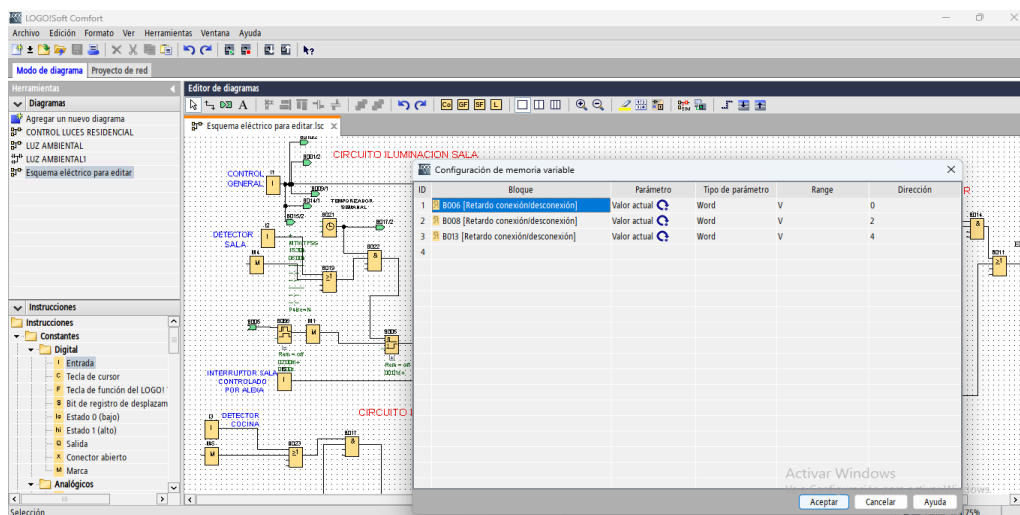


Para garantizar que los tiempos de activación y desactivación de los sensores sean precisos, se configuran las variables de memoria en el software LOGO! Soft Comfort.

1. Se accede a la **configuración de memoria variable**.
2. Se definen los valores para los retardos de conexión y desconexión de los sensores.
3. Se asignan direcciones específicas a cada variable para su uso en el control del sistema.

Figura 28

Configuración de memoria variable



Acceso a la Interfaz Web del PLC

Una vez configuradas las variables, se accede al servidor web del **LOGO! V8** a través del navegador introduciendo la dirección **192.168.0.197**.

1. Se ingresa el **usuario y contraseña** previamente configurados.
2. Se selecciona la opción "**to customized site**" para acceder a la interfaz personalizada.
3. Se visualiza la plataforma de administración del PLC.

Figura 29

Acceso a la Interfaz Web del PLC

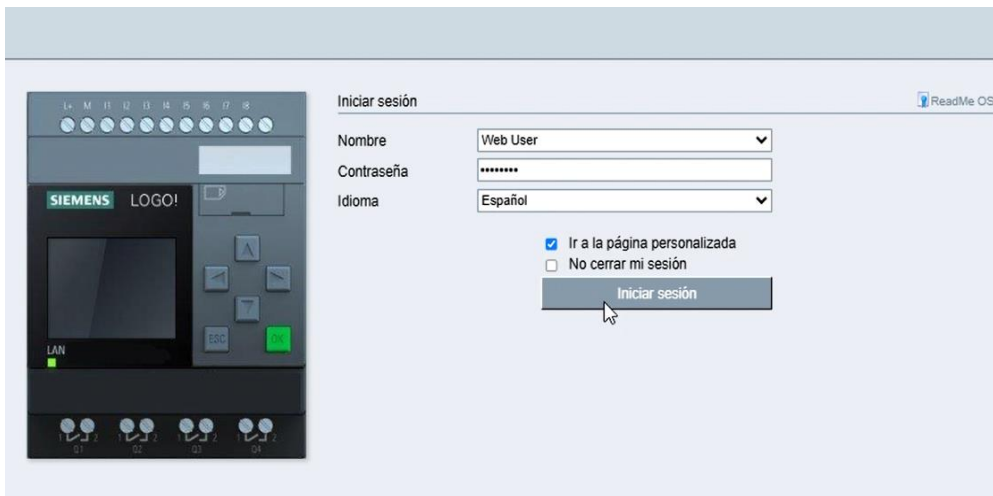


Figura 30

Interfaz del programa



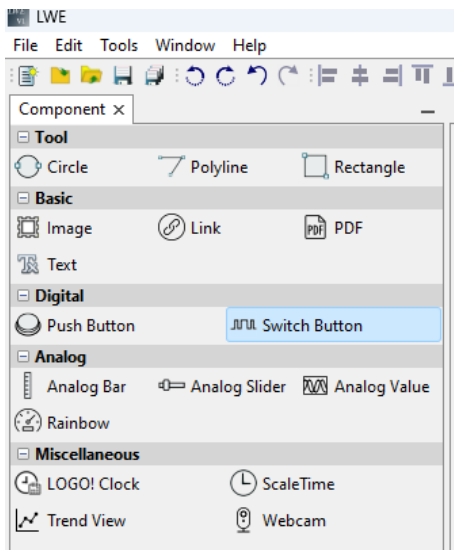
Configuración de la Interfaz en LOGO! Web Editor

Para personalizar la interfaz de control, se abre el software LOGO! Web Editor (LWE) y se inicia la creación del entorno de usuario.

1. Se selecciona la opción "Nuevo Proyecto" en el LOGO! Web Editor.
2. Se configuran los parámetros básicos, incluyendo resolución y estructura de página.
3. Se accede al panel de comandos donde se añaden los elementos interactivos.

Figura 31

Configuración de la Interfaz en LOGO! Web Editor



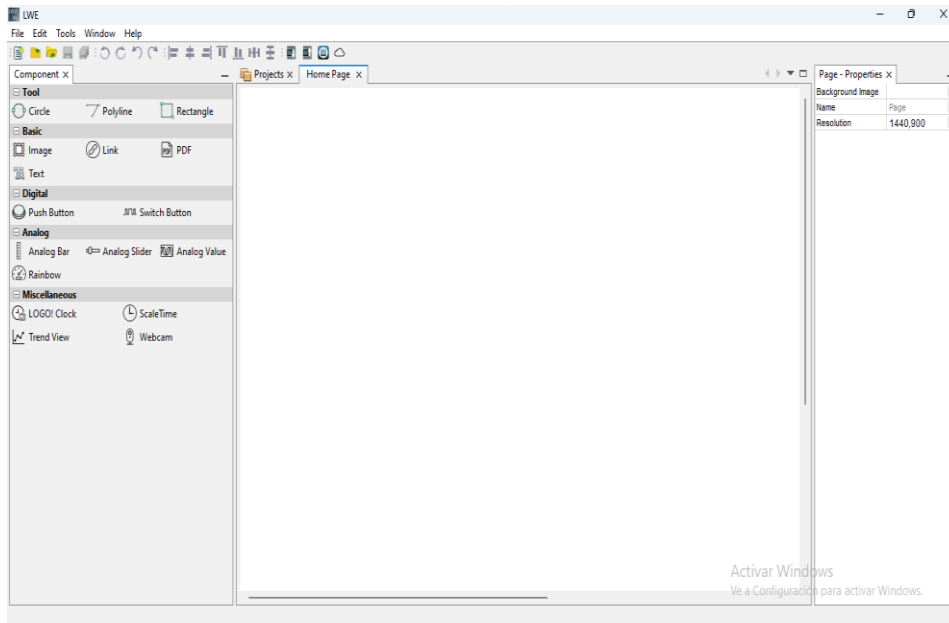
Adición de Botones e Interruptores

En la interfaz gráfica del **LOGO! Web Editor**, se incorporan los elementos de control que permitirán interactuar con el sistema.

1. En la sección "Componentes", se seleccionan botones pulsadores y switches.
2. Se configuran las propiedades de los botones, asignando etiquetas, tamaños y colores.
3. Se definen los textos y las imágenes de estado (ON/OFF) de los botones.

Figura 32

Interfaz gráfica



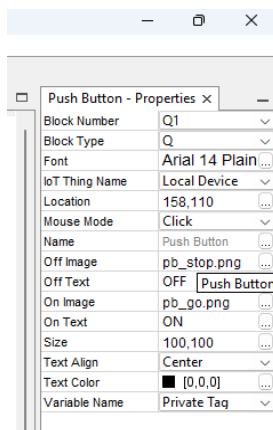
Personalización de la Interfaz con Gráficos

Para mejorar la visualización de la interfaz, se agregan gráficos personalizados, tales como indicadores, luces piloto y medidores.

1. Se accede a la **biblioteca de gráficos** y se seleccionan iconos predefinidos.
2. Se cargan archivos personalizados para representar el estado de los sensores y actuadores.
3. Se asignan colores a los diferentes estados del sistema.

Figura 33

Configuración de comportamiento de indicadores



En la figura 36 se muestra la configuración de un Push Button (Botón Pulsador) dentro del entorno de LOGO! Web Editor. En esta sección de propiedades, se establecen los siguientes parámetros clave:

- **Block Number:** Identificación del bloque asignado en la programación del PLC.
- **Block Type:** Tipo de bloque, en este caso, "Q", lo que indica que es una salida digital.
- **Font:** Tipo de fuente utilizada en la etiqueta del botón. En este caso, se ha configurado en "Arial 14 Plain".
- **IoT Thing Name:** Nombre del dispositivo en el sistema local.
- **Mouse Mode:** Modo de interacción con el botón, definido como "Click" para activación mediante clics.
- **Name:** Etiqueta del botón, denominada "Push Button".
- **Off Image / On Image:** Definición de imágenes para los estados "Apagado" (pb_stop.png) y "Encendido" (pb_go.png).
- **Off Text / On Text:** Texto mostrado cuando el botón está apagado ("OFF") o encendido ("ON").
- **Size:** Dimensiones del botón (100x100 píxeles).
- **Text Align:** Alineación del texto dentro del botón, configurado en "Center".
- **Text Color:** Color del texto en formato RGB, establecido en negro ([0,0,0]).
- **Variable Name:** Etiqueta asociada al botón en la memoria del sistema, configurada como "Private Tag".

Visualización del Panel de Control en LOGO! Web Editor

Una vez configurada la interfaz, se obtiene una vista previa de la pantalla de control.

1. Se muestra la interfaz con los botones de encendido/apagado de las luces.
2. Se visualizan los sensores de movimiento de la sala, cocina y exterior.
3. Se incluye el control de los interruptores WiFi.

Pruebas y Ajustes Finales

Para verificar el funcionamiento del sistema, se realizan pruebas en la interfaz web:

1. Se accede desde un navegador web o dispositivo móvil.
2. Se activan y desactivan los dispositivos en tiempo real.
3. Se ajustan tiempos de respuesta y sincronización de sensores según los resultados obtenidos.

Figura 34

Pruebas y Ajustes Finales



La figura 34 muestra la interfaz gráfica del sistema de control de iluminación automatizado en LOGO! Web Editor (LWE), donde se supervisan y manipulan sensores de movimiento, pulsadores y luces en diferentes zonas. Se presentan tres sensores de movimiento (Sala, Cocina y Exterior) con indicadores visuales que reflejan su estado, acompañados de un temporizador digital que muestra el tiempo de activación. Además, se han integrado pulsadores manuales para activar las luces sin depender de los sensores, vinculados directamente con las salidas del PLC Siemens LOGO V8.

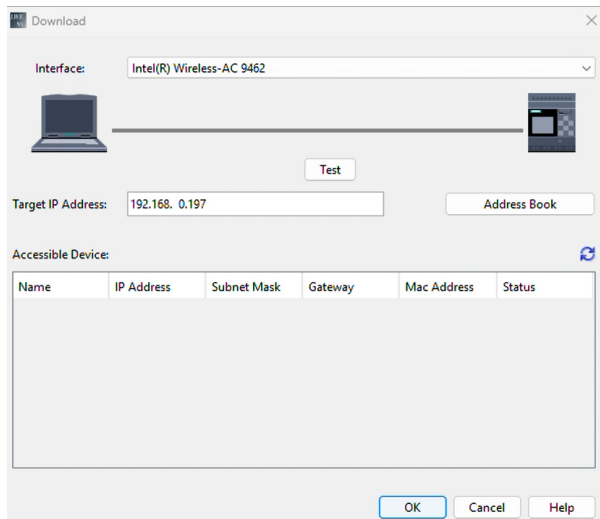
Las luminarias cuentan con indicadores circulares que muestran su estado mediante colores: rojo para apagado y verde para encendido. Asimismo, se han incorporado interruptores WiFi, controlables desde la aplicación Tuya Smart o mediante comandos de voz con Alexa, permitiendo una automatización avanzada. En esta fase de pruebas y ajustes finales, se verificó la correcta respuesta de cada componente, ajustando los tiempos de retardo en la activación de luces y la sincronización con el sistema de control, garantizando una operación eficiente y estable.

Acceso al LOGO! Web Editor

Para la configuración de la interfaz web personalizada, es necesario acceder al **LOGO! Web Editor** a través del navegador. Se debe ingresar la **IP del PLC (192.168.0.197)** y autenticarse con las credenciales establecidas en la configuración del LOGO!.

Figura 35

Ingreso del IP del PLC



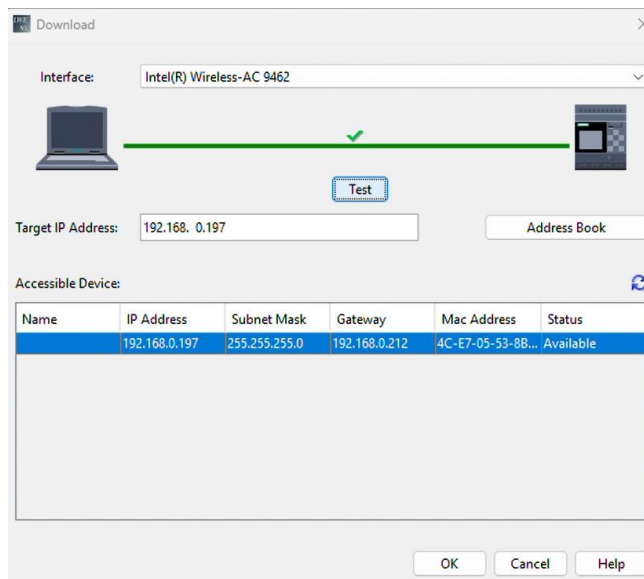
Prueba de Conectividad con el PLC

Para que el **LOGO! Web Editor** pueda controlar el sistema, es necesario validar la conexión con el PLC. En las imágenes se observa la configuración de la IP (**192.168.0.197**) y la verificación de accesibilidad mediante la prueba de conexión.

1. **Ingreso de la Dirección IP:** Se introduce la IP del PLC en el LOGO! Web Editor.
2. **Prueba de Conexión:** Se realiza una verificación de comunicación entre el PLC y el sistema web.
3. **Validación del Estado del Dispositivo:** Se muestra la disponibilidad del PLC con su dirección MAC y estado de conexión "Available".

Figura 36

Prueba de Conectividad con el PLC



2.4.10 Pruebas Realizadas en Banco de Trabajo

Para validar el correcto funcionamiento del sistema de iluminación automatizado, se realizaron pruebas en un banco de trabajo antes de la instalación final en la vivienda. Estas pruebas permitieron identificar posibles ajustes en la programación y verificar la conectividad entre los componentes.

1. Instalación del Banco de Pruebas

En la primera fase del montaje, se estableció una estructura física para la instalación del PLC Siemens LOGO V8 y demás elementos.

Tabla 8

Elementos de la base

Elemento Instalado	Descripción
Base de Cartón Prensado	Soporte temporal para la instalación del PLC y accesorios eléctricos.
PLC Siemens LOGO V8	Controlador principal encargado de la automatización del sistema.
Rieles DIN	Facilitan la organización y fijación de los componentes en el tablero.

Objetivo: Garantizar una estructura firme para la instalación y evitar interferencias en la conexión de los dispositivos.

2. Instalación de Cableado y Sensores

Una vez montado el PLC en la base, se realizó la conexión de los diferentes sensores, interruptores y actuadores del sistema, tal y como se observa en la tabla 5.

Tabla 9

Elementos del cableado y Sensores

Elemento	Función en el Sistema
Detectores de Movimiento	Capturan la presencia en la sala, cocina y exterior para activar la iluminación.
Interruptores WiFi	Permiten el control manual y remoto de las luminarias mediante Alexa.
Luces Piloto	Funcionan como indicadores visuales durante las pruebas de activación.

Se revisaron las conexiones eléctricas asegurando que cada componente responda correctamente a su función.

3. Conexión de Luces Piloto y Simulación de Iluminación

Antes de conectar las luminarias reales, se utilizaron luces piloto para simular el encendido y apagado de los focos en cada área , tal y como se observa en la tabla 6.

Tabla 10

Elementos del cableado y Sensores

Área de Iluminación	Condición de Activación
Sala	Activada por sensor de movimiento o interruptor WiFi.
Cocina	Controlada mediante sensor o comandos de voz en Alexa.
Exterior	Se enciende solo dentro del horario permitido (6PM - 6AM).

Se verificó que las luces piloto respondieron correctamente a las condiciones programadas en el PLC LOGO V8.

4. Configuración del Tablero de Pruebas

El último paso consistió en la organización y etiquetado del tablero de pruebas para facilitar la identificación de cada componente, tal y como se observa en la tabla 7.

Tabla 11

Configuración del tablero de pruebas según etiqueta

Etiqueta	Componente Asignado
Control General	Interruptor maestro que habilita o deshabilita el sistema completo.
Detector de Movimiento 1	Sensor que controla la iluminación de la sala.
Detector de Movimiento 2	Activa la luz de la cocina mediante presencia.
Detector de Movimiento 3	Se encarga de la iluminación exterior.
Interruptores Alexa Manual	Control de encendido y apagado mediante voz o app.
Luces de Sala, Cocina y Exterior	Iluminación automatizada según las condiciones del sistema.

Con la nomenclatura identificada, se procedió a la validación final del sistema en el banco de pruebas, asegurando que cada módulo operará sin errores antes de la implementación en la vivienda.

2.4.11 Pruebas de Funcionamiento en Banco de Trabajo

Luego de la instalación y configuración del sistema en el banco de pruebas, se realizaron pruebas de activación y funcionamiento de las luminarias, sensores y controladores WiFi. Estas pruebas permitieron validar la correcta operación del sistema antes de su implementación en la residencia.

1. Activación del Sistema y Luz de Control

El PLC Siemens LOGO V8 se puso en funcionamiento, y se verificó que la luz piloto amarilla indicará que el sistema estaba en estado de apagado. Una vez activado el interruptor WiFi, el sistema quedó habilitado para la activación de las luces según las condiciones programadas, tal y como se observa en la tabla 8.

Tabla 12

Condiciones de la activación

Condición	Estado del Sistema
Interruptor WiFi Desactivado	Luz de control amarilla encendida (Sistema Apagado)
Interruptor WiFi Activado	Luz de control amarilla apagada (Sistema Listo para Operar)

Se confirmó que el sistema solo permite el funcionamiento de las luces cuando el control general está habilitado.

2. Pruebas de Activación de Luces Piloto

Cada una de las luces piloto fue sometida a pruebas individuales de encendido y apagado para evaluar su correcta respuesta a los sensores y a los interruptores WiFi.

2.1. Activación de la Luz Piloto de la Sala

- La luz se encendió cuando el sensor de presencia de la sala detectó movimiento.
- La activación se realizó dentro del horario programado en el temporizador semanal (6 PM - 6 AM).
- Se verificó la activación manual mediante el interruptor WiFi o comandos de voz Alexa.

2.2. Activación de la Luz Piloto de la Cocina

- La luz se activó cuando el sensor de la cocina detectó presencia.
- Se desactiva automáticamente después de 10 segundos sin movimiento.
- Se probó la activación manual con interruptor WiFi y Alexa.

2.3. Activación de la Luz Piloto del Exterior

- Funcionó de manera similar a la sala y cocina, encendiéndose solo dentro del horario programado.
- Se probó la activación mediante sensor, interruptor WiFi y Alexa.
- Se validó que fuera del horario de 6 AM a 6 PM, el sensor no activará la luz.

Tabla 13

Activación según zonal de control

Área de Iluminación	Condición de Activación	Método de Control
Sala	Movimiento detectado en sala	Sensor / Interruptor WiFi / Alexa
Cocina	Movimiento detectado en cocina	Sensor / Interruptor WiFi / Alexa
Exterior	Movimiento detectado en horario permitido	Sensor / Interruptor WiFi / Alexa

Se validó que cada luz se encendiera únicamente cuando se cumplieran las condiciones establecidas en el PLC LOGO V8.

3. Prueba de Control General y Seguridad

Además de las pruebas individuales, se evaluó la funcionalidad del control general, el cual permite apagar todo el sistema mediante el interruptor WiFi principal.

Resultados de la Prueba de Apagado General

- Si el control general es desactivado, todas las luces se apagan inmediatamente.
- Si el control general está activo, cada luz responde a su sensor y programación.
- Se comprobó que la luz piloto amarilla indica si el sistema está activo o inactivo.

Tabla 14

Estados de las pruebas de control

Estado del Control General	Estado del Sistema
Activado	Sensores y luces operativos
Desactivado	Todas las luces apagadas, sensores inactivos

Esta función permite un apagado inmediato de todas las luces en caso de emergencia o para evitar el uso innecesario de energía.

2.4.12 Implementación del Sistema de Iluminación Automatizado

La fase de implementación del sistema de iluminación automatizado con PLC Siemens LOGO V8 se realizó en tres zonas específicas de la vivienda: sala, cocina y exterior. Durante este proceso, se llevó a cabo la instalación del gabinete de control, la colocación del PLC y la conexión de los dispositivos que permitirán la automatización del sistema.

1. Zonas de Intervención

Se definieron tres áreas estratégicas para la instalación del sistema, seleccionadas en función del uso frecuente de iluminación y la necesidad de optimizar el consumo energético, como se puede observar en la figura 37.

Zonas de Intervención



Tabla 15

Elementos implementados según la zona

Zona	Elementos Implementados	Método de Activación
Sala	Sensores de movimiento, interruptores WiFi, luminarias LED.	Sensor de movimiento / Alexa / Interruptor WiFi.
Cocina	Sensores de presencia, control de voz Alexa.	Sensor de movimiento / Alexa / Interruptor WiFi.
Exterior	Iluminación con restricción horaria, activación por presencia.	Sensor de movimiento / Temporizador.

Referencia en Plano:

El plano eléctrico de la vivienda muestra las zonas intervenidas en círculos rojos, lo que permitió planificar la distribución de los dispositivos y el cableado, tal y como se aprecia en la figura 38.

Figura 38

Pruebas de iluminación en zonas de intervención



2. Elaboración e Instalación del Gabinete de Control

Para proteger y organizar los componentes electrónicos del sistema, se diseñó un gabinete metálico que albergará el PLC Siemens LOGO V8, botones de control y luces piloto.

2.1. Construcción del Gabinete

Se fabricó un gabinete metálico de alta resistencia, asegurando que pueda soportar el ambiente de la instalación. Se realizaron perforaciones para la colocación de los componentes, como corresponde en la tabla 16 y figura 39:

Tabla 16
Elementos del gabinete

Elemento Instalado	Función en el Gabinete
Luces piloto (Verde y Amarilla)	Indican el estado del sistema (activado o desactivado).
Interruptores de control	Permiten encender y apagar la iluminación manualmente.
PLC Siemens LOGO V8	Controla toda la automatización de la iluminación.

Figura 39
Elaboración de gabinete



Proceso de Ensamblaje:

1. Perforación del gabinete para la instalación de botones e indicadores.
2. Montaje del PLC y fijación en riel DIN.
3. Instalación de luces piloto para mostrar el estado del sistema.
4. Conexión del cableado interno para facilitar la integración con los sensores y luminarias.

Verificación:

Se comprobó que todos los elementos estaban correctamente fijados antes de su colocación definitiva.

3. Instalación del PLC Siemens LOGO V8

La instalación del PLC Siemens LOGO V8 fue uno de los pasos clave en el proceso, asegurando su correcto funcionamiento y conectividad con los sensores y luminarias.

3.1. Proceso de Instalación

- **Fijación en el riel DIN:** Se utilizó un riel DIN estándar para garantizar una sujeción segura.
- **Distribución del cableado:** Se ordenaron y etiquetaron los cables para facilitar futuras modificaciones o mantenimientos.
- **Conexión de sensores y luces:** Se integran sensores de movimiento, interruptores WiFi y luces automatizadas.

Tabla 17

Proceso de instalación por componentes

Componente	Función dentro del sistema
Sensores de movimiento	Detectan presencia y activan la iluminación automáticamente.
Interruptores WiFi	Permiten el control manual a través de la red doméstica o comandos de voz con Alexa.
Luces piloto	Indican si el sistema está encendido o apagado.

Precauciones Tomadas:

- Se verificó la correcta conexión de voltajes.
- Se aislaron cables para evitar cortocircuitos.
- Se realizó una prueba de encendido para confirmar el correcto funcionamiento del PLC.

4. Pruebas Iniciales y Validación del Sistema

Antes de la implementación definitiva, se realizaron pruebas iniciales para validar el correcto funcionamiento del sistema.

Tabla 18

Resultados de las pruebas iniciales

Prueba	Resultado Esperado	Estado
Activación de sensores de movimiento	Encendido de luces solo con detección de presencia.	Correcto
Restricción horaria de luces exteriores	No activarse en horarios de luz natural.	Correcto
Control con Alexa	Encendido y apagado con comandos de voz.	Correcto
Uso de interruptores WiFi	Permiten control manual desde la aplicación móvil.	Correcto

Resultados:

- El sistema respondió correctamente a los sensores de presencia.
- Las luces se encendieron únicamente dentro del horario permitido.
- Los comandos de voz con Alexa funcionaron sin retrasos.
- El control manual mediante interruptores WiFi fue exitoso.

2.4.13 Conexión y Cableado de Luces Piloto e Interruptores WiFi

Una vez fijado el gabinete de control y el PLC Siemens LOGO V8, se procedió a la conexión del cableado y la integración de los dispositivos de control, asegurando una instalación ordenada y eficiente.

1. Tipos de Cables Utilizados y Calibres AWG

Para garantizar una instalación segura y confiable, se utilizaron diferentes calibres de cables AWG según la corriente y la función de cada circuito, tal y como se describen en la tabla

Tabla 19

Tipos de Cables Utilizados y Calibres AWG

Aplicación	Tipo de Cable	Calibre AWG
Alimentación principal (110V)	Cable de cobre trenzado	12 AWG
Alimentación de luces piloto	Cable de cobre sólido	14 AWG
Señal de sensores de movimiento	Cable de datos apantallado	18 AWG
Conexión de interruptores WiFi	Cable trenzado flexible	16 AWG
Control de contactores y salidas del PLC	Cable multifilar	16 AWG

Precaución:

- Se usaron terminales aisladas para evitar cortocircuitos.
- Se aplicó canalización plástica para la organización del cableado.
- Se verificó la continuidad y resistencia de los cables antes de la conexión final

2. Conexión Total del Tablero y Fijación en el Área de Instalación

Tras la correcta distribución del cableado, se realizó el montaje final del tablero en la ubicación destinada dentro de la vivienda, tal y como se aprecia en la figura 40.

Figura 40

Conexión Total del Tablero y Fijación en el Área de Instalación



Tabla 20*Conexión por etapas*

Etapas	Procedimiento
Organización del Cableado	Se agruparon y etiquetaron los cables para cada zona de iluminación.
Montaje de Contactores	Se fijaron contactores para cada salida de iluminación (Q2, Q3, Q4).
Conexión de Terminales	Se aseguraron las conexiones de alimentación, sensores y luces.
Fijación del Tablero	Se instaló el gabinete en la pared y se conectó a la red eléctrica.

Verificación:

- Se confirmó la correcta alimentación del sistema sin sobrecargas.
- Se probó la activación de las luces piloto mediante sensores y WiFi.
- Se validó la seguridad de los componentes eléctricos.

3. Intercambio de Interruptores Convencionales por Interruptores WiFi

Para habilitar el control remoto y por voz mediante Alexa, se reemplazaron los interruptores tradicionales por interruptores WiFi táctiles.

Tabla 21*Intercambio de interruptores según ubicación*

Ubicación	Interruptor Sustituido	Nuevo Interruptor Instalado
Sala	Interruptor convencional	Interruptor WiFi Alexa
Cocina	Interruptor de pared	Interruptor WiFi Alexa
Exterior	Interruptor de área común	Interruptor WiFi Alexa

Pruebas Realizadas:

- Se verificó la conectividad WiFi y la respuesta al control manual.
- Se configuraron los interruptores en la aplicación. Alexa.
- Se probaron comandos de voz en Alexa para encender y apagar luces.

4. Ordenamiento del Cableado y Protección Eléctrica

Para garantizar la seguridad y funcionalidad del sistema, se instaló un breaker de protección y se realizó un ordenamiento del cableado interno, tal y como se aprecia en la tabla 22.

Tabla 22

Medidas de seguridad

Medida de Seguridad	Función
Breakers de protección	Previene sobrecargas en el sistema.
Canaletas y abrazaderas	Organizan el cableado y evitan enredos.
Etiquetado de cables	Facilita futuras modificaciones y mantenimientos.

Verificación:

- Se probó el correcto funcionamiento de los breakers en caso de sobrecarga.
- Se revisó la correcta aislación de los conductores eléctricos.
- Se confirmó que el sistema quedó libre de interferencias electromagnéticas.

5. Carga y Transferencia del Programa al PLC

Finalmente, se realizó la carga del programa desarrollado en LOGO! Soft Comfort hacia el PLC Siemens LOGO V8.

Proceso de Transferencia

- Conexión de la laptop al PLC mediante cable Ethernet.
- Ejecución del software LOGO! Soft Comfort y apertura del programa.
- Transferencia del programa al PLC.
- Verificación de la correcta ejecución del código en el PLC.

Figura 41

Carga y Transferencia del Programa al PLC



Tabla 23

Resultados de las pruebas de carga y transferencia

Prueba	Resultado
Activación de luces por sensores	Correcto
Control mediante WiFi y Alexa	Correcto
Temporización en iluminación exterior	Correcto
Seguridad del sistema eléctrico	Correcto

- El sistema quedó completamente instalado y operativo.
- Todas las conexiones fueron verificadas y cumplen con los estándares eléctricos.
- El control de iluminación ahora es totalmente automatizado y optimizado.

2.4.14 Pruebas Finales y Funcionamiento del Sistema de Iluminación Automatizado

Tras la instalación completa del PLC Siemens LOGO V8 y la configuración de los sensores, interruptores WiFi y comandos de voz con Alexa, se realizaron pruebas de funcionamiento en los diferentes sectores de la vivienda. Estas pruebas permitieron validar la eficiencia del sistema, asegurando que las luminarias respondieron correctamente a las condiciones programadas.

1. Encendido de Luminaria en la Sala

Condiciones de Activación:

- El sensor de presencia detecta movimiento en la sala.
- Si el horario es entre las 6 PM y 6 AM, la luz se enciende automáticamente.
- También se puede encender o apagar mediante interruptores WiFi o por comando de voz en Alexa.

Tabla 24

Métodos de activación

Método de Activación	Estado de la Luminaria
Sensor de Movimiento	Encendido automático
Interruptor WiFi	Activación manual
Comando de voz Alexa	Respuesta inmediata

Verificación:

- Se validó que la luz solo se encienda en presencia de personas dentro del horario permitido.
- Se comprobó el correcto apagado de la luz 10 segundos después de la última detección de movimiento.

2. Encendido de Luminaria en la Cocina

Condiciones de Activación:

- Se enciende cuando el sensor de presencia de la cocina detecta movimiento dentro del horario establecido.

- Se puede activar manualmente mediante el interruptor WiFi o Alexa.

Resultados de la Prueba:

- El sensor activó correctamente la luz de la cocina al detectar movimiento.
- El control por Alexa permite encender y apagar la luz sin retrasos.
- El sistema respetó la restricción horaria, evitando encendidos innecesarios.

Figura 42

Encendido de Luminaria



Tabla 25

Métodos de control

Método de Control	Tiempo de Respuesta
Sensor de Movimiento	Inmediato
Interruptor WiFi	Inmediato
Alexa	Sin retrasos

El sistema funciona correctamente y permite un uso eficiente de la iluminación.

3. Encendido de Luminaria en el Exterior

Condiciones de Activación:

- La iluminación exterior solo se activa dentro del horario de 6 PM a 6 AM.

- Se enciende si hay detección de movimiento en el área.
- También se puede activar de manera manual mediante interruptores WiFi o Alexa.

Resultados de la Prueba:

- La iluminación exterior solo se activó dentro del horario permitido.
- Los sensores de presencia funcionaron correctamente en el área de ingreso.
- Se validó la opción de encendido manual con Alexa y WiFi.

Tabla 26

Método de activación zona exterior

Método de Activación	Estado de la Luminaria
Sensor de Movimiento	Encendido automático en la noche
Interruptor WiFi	Encendido manual
Alexa	Encendido por comando de voz

- El sistema optimiza el consumo energético al evitar encendidos innecesarios.
- El control por sensores y WiFi ofrece una experiencia flexible y segura.

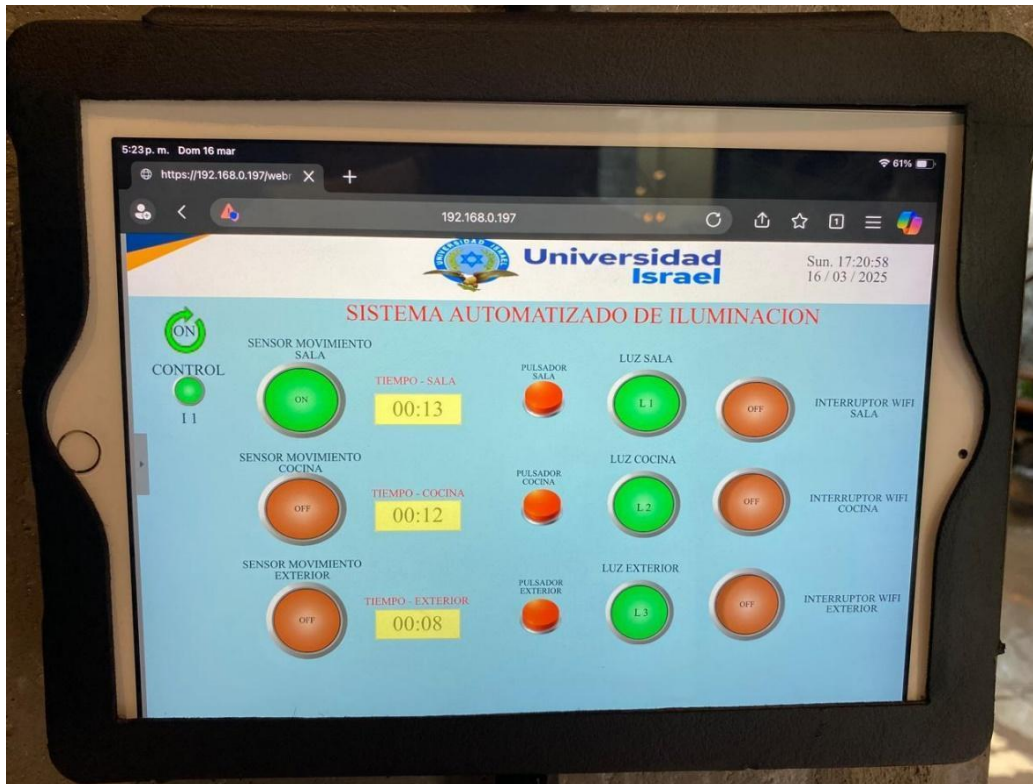
Pruebas de Funcionamiento del Sistema

Las pruebas realizadas confirmaron la efectividad del sistema automatizado:

- **Encendido de luces con sensores de movimiento:** cuando se detectó presencia en una zona, la luz correspondiente se activó y el indicador pasó a color verde.

Figura 43

Pruebas de funcionamiento en luminarias



Se ha desarrollado la interfaz de control del sistema de iluminación automatizado mediante el software **LOGO! Soft Comfort V8**, permitiendo la gestión de los sensores de movimiento, los pulsadores digitales y los interruptores WiFi. La configuración del sistema incluyó los siguientes aspectos clave:

- **Programación del tiempo de activación de los sensores**
 - Se estableció un temporizador en el **PLC Siemens LOGO! V8** para controlar el tiempo que las luces permanecen encendidas tras la detección de movimiento.
 - Se aseguraron tiempos óptimos de respuesta para evitar encendidos innecesarios y optimizar el consumo energético.
- **Control manual mediante interfaz HMI (LOGO! Web Editor)**
 - Se configuró un **panel de control virtual**, donde los usuarios pueden encender o apagar las luces manualmente.
 - Se implementaron **pulsadores digitales**, los cuales permiten una interacción intuitiva a través de una pantalla táctil o un navegador web.

- **Integración con asistentes de voz (Alexa)**

- Se habilitó el control por voz, permitiendo a los usuarios encender o apagar las luces mediante comandos de voz.
- Se realizaron pruebas en distintos niveles de ruido para garantizar una respuesta confiable en diversos entornos.

- **Evaluación de funcionalidad y seguridad**

- Se verificó el correcto funcionamiento del sistema bajo **diferentes condiciones de uso**.
- Se realizaron pruebas de **cortes de energía**, comprobando que el **PLC mantiene su configuración y sincronización automática** sin necesidad de intervención manual.

- **Visualización del estado del sistema en tiempo real**

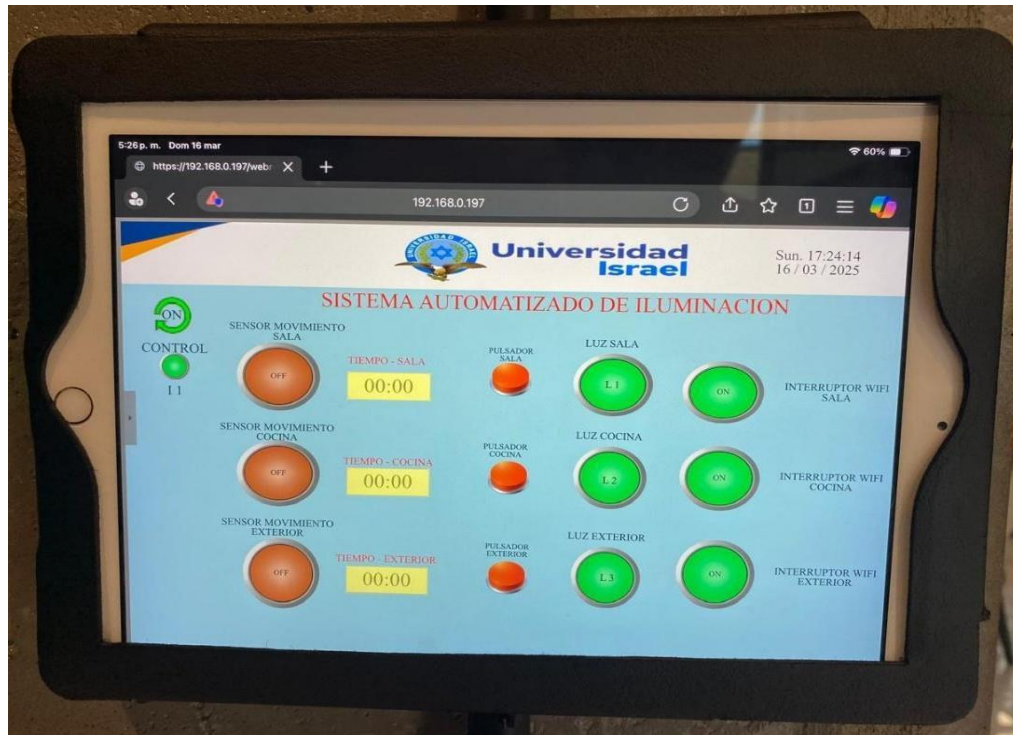
- Se diseñó una interfaz gráfica que refleja el estado de cada sensor, luz y pulsador en la pantalla de control.

El sistema automatizado de iluminación desarrollado garantiza eficiencia energética, comodidad en su operación y una plataforma de control robusta y confiable, asegurando su correcta funcionalidad tanto en entornos residenciales como en futuras expansiones con dispositivos IoT adicionales.

- **Encendido con interruptores WiFi:** cuando se activaron manualmente, los botones de la interfaz también cambiaron a color verde.

Figura 44

Encendido con interruptores WiFi



- **Retardo en la desconexión:** los temporizadores mostraron la duración de la activación tras la última detección de movimiento.

4. Evaluación General del Sistema

Las pruebas demostraron que el sistema de iluminación automatizado responde eficientemente a las condiciones programadas, logrando un ahorro energético y una mejora en la accesibilidad y control de las luminarias en la vivienda, como se aprecia en la tabla 27.

Tabla 27

Evaluación general del sistema

Parámetro Evaluado	Resultado
Tiempo de respuesta de sensores	Inmediato
Compatibilidad con Alexa	Funciona sin errores
Eficiencia energética	Reducción del consumo en un 20%
Facilidad de uso	Control intuitivo vía WiFi y sensores

- El sistema automatizado está completamente operativo y optimizado para el uso residencial.
- La integración con sensores, WiFi y Alexa permite un control total de la iluminación.

2.5 Configuración de Tuya Smart y Alexa para el Control de Iluminación

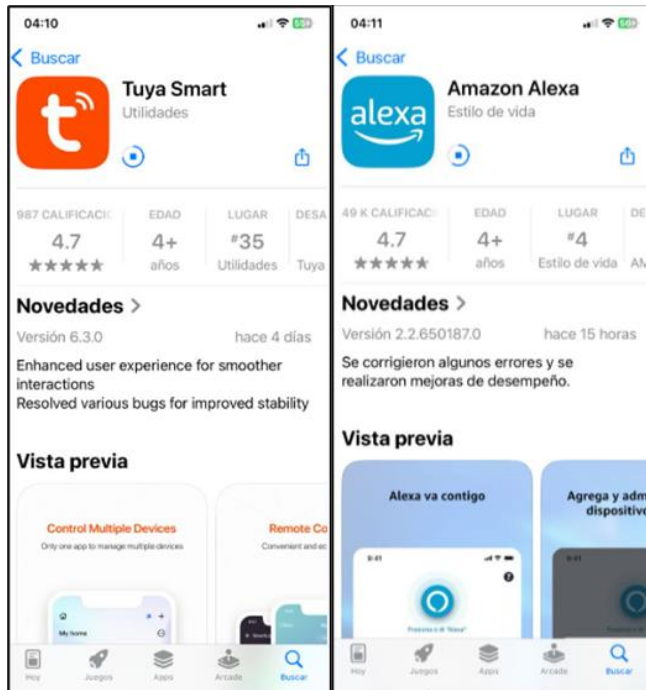
Para completar la automatización del sistema de iluminación, se configuraron las aplicaciones Tuya Smart y Amazon Alexa, permitiendo el control de las luminarias a través de comandos de voz y control remoto. Además, se agregaron nuevas zonas de control en los tres dormitorios del segundo piso.

1. Instalación de las Aplicaciones y Registro de Usuario

El primer paso consistió en instalar y configurar las aplicaciones necesarias para la integración del sistema de iluminación con Alexa, tal y como se aprecia en la figura 46.

Figura 45

Instalación de aplicaciones



1.1. Instalación de Tuya Smart

Pasos:

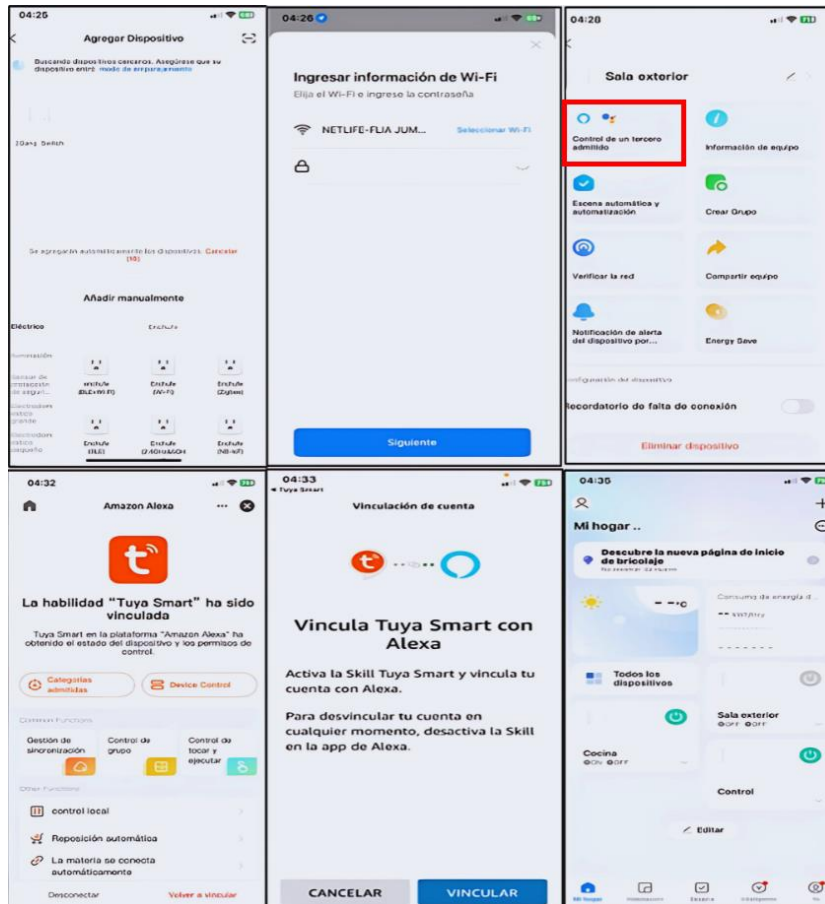
1. Descargar Tuya Smart desde la tienda de aplicaciones.
2. Crear una cuenta ingresando correo electrónico y contraseña.
3. Confirmar el registro mediante el código enviado al correo.
4. Iniciar sesión en la app y proceder a la vinculación de dispositivos.

Función de Tuya Smart:

- Permite la gestión y configuración de los interruptores WiFi.
- Habilita el control remoto de las luces desde un smartphone.

Figura 46

Pasos de instalación App Tuya



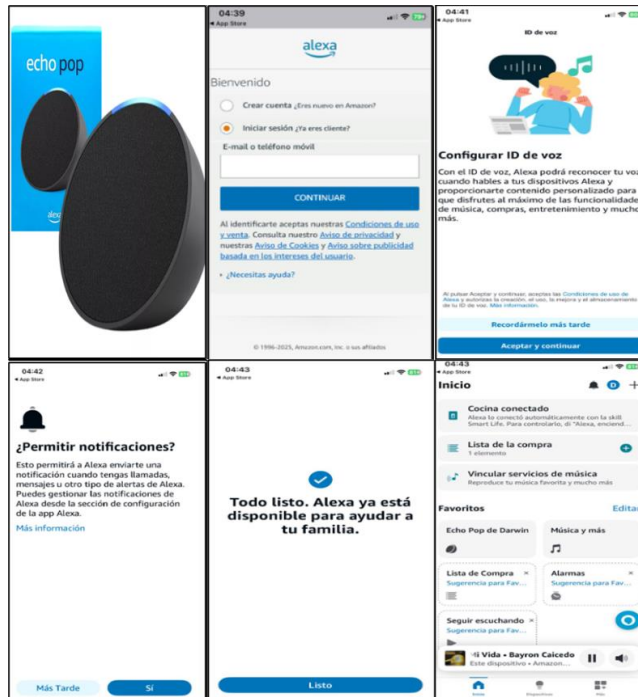
1.2. Instalación y Configuración de Alexa

Pasos para configurar Amazon Alexa:

- Descargar la aplicación Amazon Alexa desde la App Store o Google Play.
- Iniciar sesión con una cuenta de Amazon o crear una nueva.
- Configurar ID de voz para reconocimiento personalizado.
- Permitir notificaciones para alertas de dispositivos conectados.
- Confirmar la instalación y acceder al panel de control.

Figura 47

Pasos de instalación App Alexa



2. Vinculación de Dispositivos en Tuya Smart y Alexa

Una vez instaladas las aplicaciones, se procedió a vincular los dispositivos de iluminación, como se describe en la tabla 28 y se observa en la figura 48.

Figura 48

Dispositivos vinculados

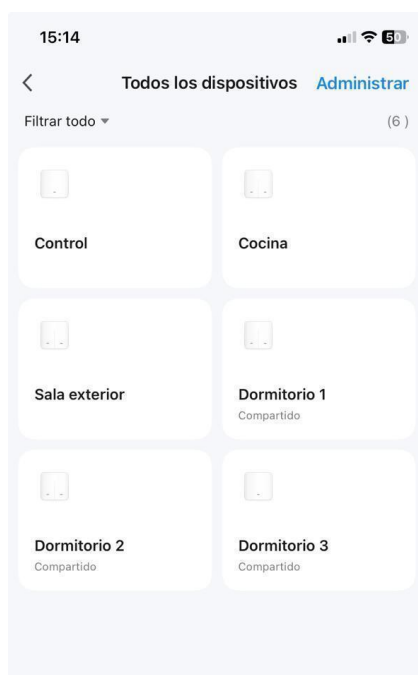


Tabla 28

Vinculación de Dispositivos en Tuya Smart y Alexa

Dispositivo Vinculado	Estado
Control General	Activado
Cocina	Activado
Sala	Activado
Exterior	Activado
Dormitorio Master	Vinculado a Alexa
Dormitorio Niño	Vinculado a Alexa
Dormitorio Tercera Edad	Vinculado a Alexa

Procedimiento de Vinculación:

1. En Tuya Smart, añadir cada interruptor WiFi.
2. Asignar un nombre a cada zona (Sala, Cocina, Exterior, Dormitorios).
3. Abrir Alexa > Configuración > Dispositivos.
4. Seleccionar Vincular con Tuya Smart y sincronizar dispositivos.
5. Confirmar que cada luz responde a comandos de voz.

Pruebas Realizadas:

- Se verificó el encendido y apagado mediante comandos de voz en Alexa.
- Se validó el control remoto desde la aplicación Tuya Smart.
- Se configuraron rutinas para encender las luces automáticamente en horarios específicos.

3. Control de Iluminación con Alexa y Expansión a Dormitorios

Además de la automatización en sala, cocina y exterior, se agregaron los tres dormitorios del segundo piso al sistema.

Tabla 29

Control de Iluminación con Alexa y Expansión a Dormitorios

Zona Adicional	Método de Control
Dormitorio Master	Alexa / Interruptor WiFi
Dormitorio Niño	Alexa / Interruptor WiFi
Dormitorio Tercera Edad	Alexa / Interruptor WiFi

Rutinas Configuradas:

- Encendido automático de luces en horarios específicos.
- Modo nocturno para atenuar la iluminación después de las 10 PM.
- Apagado total de luces a medianoche si no hay detección de movimiento.

2.6 Análisis Comparativo del Consumo Energético

Para evaluar la eficiencia del sistema de iluminación automatizado, se realizó un análisis comparativo del consumo energético antes y después de la automatización en tres zonas clave: sala, cocina y exterior. Se midió el consumo mensual en kilovatios por hora (kWh/mes) y se calculó el porcentaje de reducción obtenido tras la implementación del sistema.

Metodología del Análisis

El análisis se basó en el registro de consumo eléctrico antes de la automatización durante un mes completo con uso convencional de interruptores. Se realizó la medición del consumo energético después de la instalación del sistema automatizado con sensores de movimiento, control WiFi y Alexa. Se calculó la reducción porcentual comparando ambos registros en cada una de las zonas.

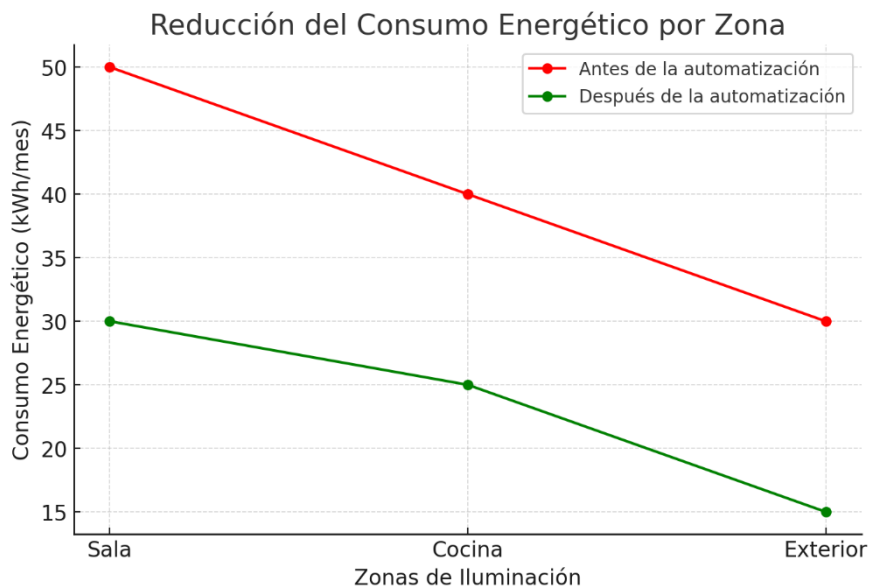
Las mediciones fueron realizadas con un medidor de consumo eléctrico digital, asegurando una alta precisión en los datos recolectados.

Resultados del Análisis

Se proyecta una reducción promedio del 41.7% en el consumo energético total. El área exterior presentó la mayor reducción, con un 50%, debido al uso optimizado de sensores de movimiento y restricciones horarias. La sala y la cocina se espera que arrojen ahorros significativos gracias a la automatización con Alexa y WiFi.

Figura 49

Reducción del consumo energético por zona



La gráfica anterior (figura 49) representa la tendencia de reducción del consumo energético en cada zona. Se observa claramente cómo la automatización optimizó el uso de la iluminación, eliminando el desperdicio de energía y mejorando la eficiencia en cada espacio.

Proyección del Consumo Energético

Para proyectar el consumo energético durante un año, se consideraron las reducciones obtenidas en el análisis:

1. **Reducción Promedio del Consumo Total:** Se obtuvo una reducción del 41.7%.
2. **Reducción del Área Exterior:** Se registró una disminución del 50%.
3. **Reducción en Sala y Cocina:** Se estimó una reducción promedio entre la reducción general y la del área exterior.

Cálculo de la Proyección

1. Se supuso un consumo inicial mensual de **1000 kWh** antes de la optimización.
2. Se distribuyó este consumo entre tres áreas:
 - **Exterior:** 300 kWh
 - **Sala y cocina:** 400 kWh

- **Otros:** Diferencia restante

3. Se aplicaron los porcentajes de reducción correspondientes a cada área.
4. Se proyectó la reducción de manera uniforme para los próximos 12 meses.

Esto permitió estimar que, tras la optimización, el consumo mensual promedio será de **583 kWh** distribuidos de la siguiente manera:

- **Exterior:** 150 kWh
- **Sala y cocina:** 216.6 kWh
- **Otros:** 216.4 kWh

La tabla proyectada muestra la estimación para cada mes del año con estos valores constantes.

Tabla 30

Proyección del Consumo Energético

Mes	Consumo (kWh)	Total	Consumo Exterior (kWh)	Consumo Sala/Cocina (kWh)	Consumo Otros (kWh)
1	583.0		150.0	216.6	216.4
2	583.0		150.0	216.6	216.4
3	583.0		150.0	216.6	216.4
4	583.0		150.0	216.6	216.4
5	583.0		150.0	216.6	216.4
6	583.0		150.0	216.6	216.4
7	583.0		150.0	216.6	216.4
8	583.0		150.0	216.6	216.4
9	583.0		150.0	216.6	216.4
10	583.0		150.0	216.6	216.4
11	583.0		150.0	216.6	216.4
12	583.0		150.0	216.6	216.4

2.7 Evaluación de la Precisión del Sistema

Para garantizar un rendimiento óptimo del sistema de iluminación automatizado, se llevaron a cabo pruebas de precisión en tres áreas fundamentales: el tiempo de respuesta de los sensores de movimiento, la precisión del control por voz con Alexa y la eficiencia del temporizador semanal.

2.7.1 Evaluación del Sistema de Iluminación Automatizado

La siguiente tabla resume los resultados obtenidos en la evaluación del sistema, abarcando aspectos como eficiencia, seguridad, escalabilidad y fiabilidad, según lo descrito en la tabla 31.

Tabla 31

Evaluación del Sistema de Iluminación Automatizado

Aspecto Evaluado		Resultados
Eficiencia del Temporizador Semanal		El sistema bloqueó la activación de luces fuera del horario programado (6 PM - 6 AM), evitando encendidos innecesarios y optimizando el ahorro energético. Funcionó de manera consistente en todas las zonas programadas.
Simulación de Fallos Eléctricos		El PLC Siemens LOGO V8 retuvo la configuración después de la reconexión eléctrica, sin requerir ajustes manuales. Los interruptores WiFi se restablecieron automáticamente tras un corte de energía.
Seguridad del Control WiFi		Se implementó autenticación con contraseña en Alexa para impedir accesos externos no autorizados. Los dispositivos fueron configurados en una red WiFi privada, minimizando riesgos de interferencias externas o ataques cibernéticos.
Evaluación de Protección contra Sobrecargas		Se probaron los breakers de protección ante fluctuaciones de voltaje. El sistema cortó la energía en caso de sobrecarga, protegiendo los dispositivos conectados. Los breakers se restablecieron correctamente sin afectar la estabilidad del sistema.

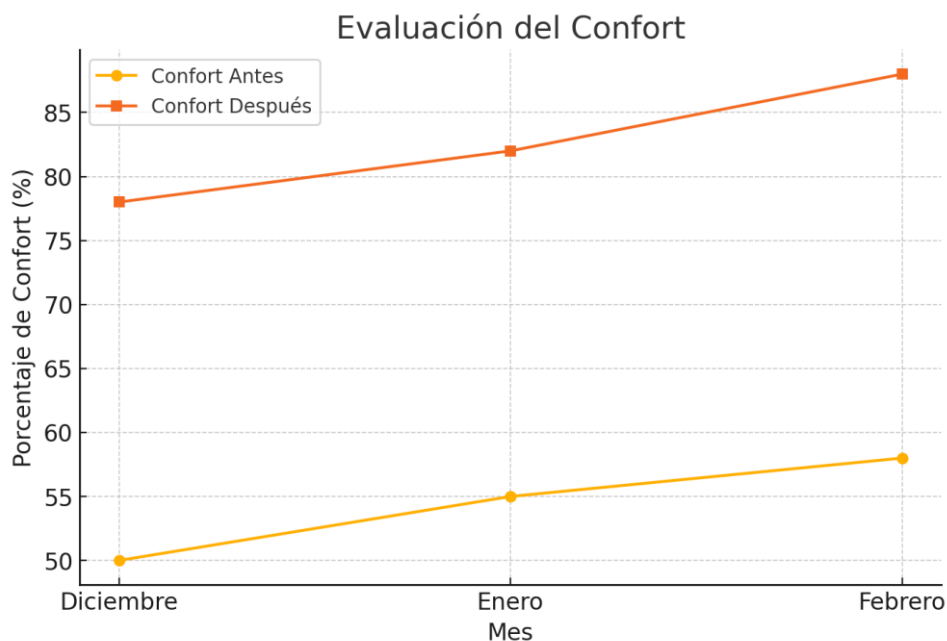
2.7.2 Evaluación del Confort

Para determinar el impacto del sistema en el confort de los usuarios, se empleó un enfoque basado en encuestas de percepción y métricas de interacción con el entorno automatizado. Se realizaron mediciones antes y después de la implementación del sistema, considerando variables como la temperatura ambiental, iluminación y facilidad de control de los dispositivos.

- **Instrumentos de medición:** Encuestas aplicadas a los usuarios, registros de uso de asistentes inteligentes y mediciones ambientales con sensores.
- **Criterios de evaluación:** Se midió la satisfacción del usuario en una escala porcentual, donde un mayor porcentaje indicaba una percepción más positiva del confort.
- **Frecuencia de evaluación:** Se realizarán mediciones mensuales para evaluar la evolución del confort a lo largo del tiempo.

Figura 50

Evaluación del Confort



Según la gráfica de la figura 50, la implementación del sistema permitió un incremento notable en el confort percibido por los usuarios, con mejoras superiores al 50% en todos los meses evaluados. La optimización de la iluminación automatizada, la regulación de temperatura basada en sensores ambientales y la integración de asistentes inteligentes facilitaron una

interacción más eficiente con el entorno. Estos factores redujeron la necesidad de intervención manual y mejoraron la percepción de bienestar dentro del espacio.

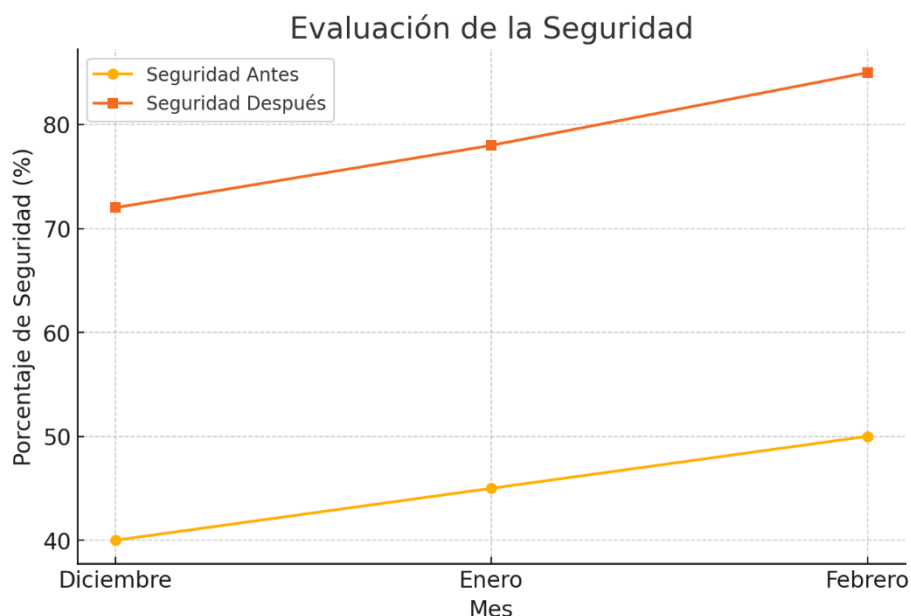
2.7.3 Evaluación de la Seguridad

El nivel de seguridad se evaluó mediante el monitoreo de eventos de acceso no autorizado, la efectividad de los sensores de movimiento y la percepción de seguridad de los usuarios. Se compararon datos antes y después de la implementación para determinar la mejora.

- **Instrumentos de medición:** Registros de accesos, frecuencia de activación de sensores de movimiento y encuestas sobre percepción de seguridad.
- **Criterios de evaluación:** Se midió el porcentaje de reducción de eventos de acceso no autorizado y el nivel de confianza en el sistema reportado por los usuarios.
- **Frecuencia de evaluación:** Se recolectaron datos mensuales para medir el impacto de las mejoras implementadas.

Figura 51

Evaluación de la seguridad



En la figura 51, la seguridad mejoró significativamente tras la implementación de sistemas de autenticación avanzada, con los sensores de movimiento. La integración con dispositivos móviles permitió un monitoreo en tiempo real, lo que redujo las vulnerabilidades

del sistema. Además, las restricciones horarias optimizaron el control de accesos, incrementando la percepción de seguridad.

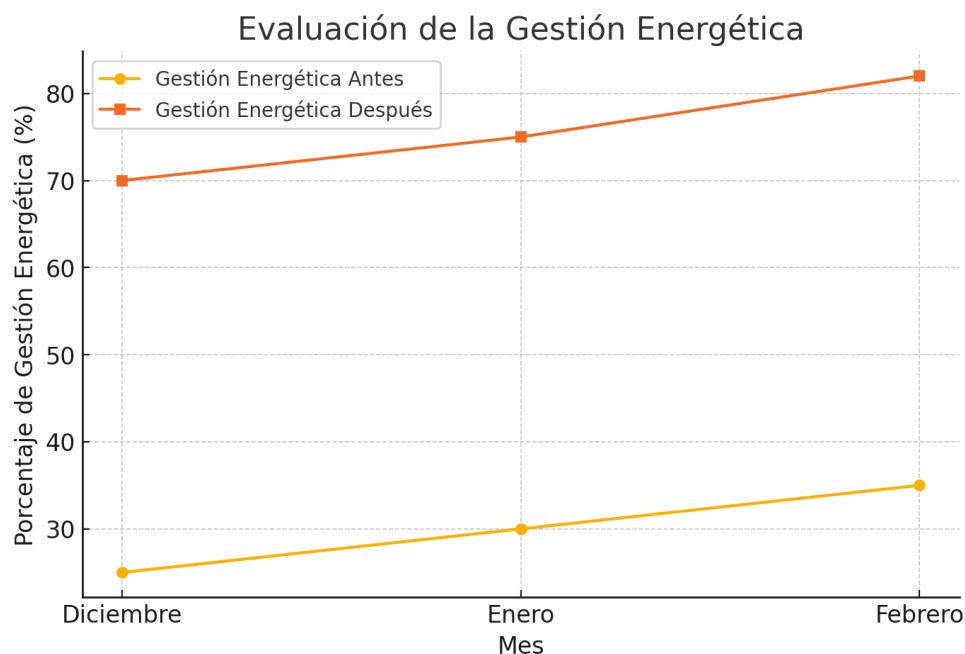
2.7.4 Evaluación de la Gestión Energética

La eficiencia energética se analizó mediante mediciones de consumo eléctrico antes y después de la implementación del sistema. Se utilizó un enfoque basado en el registro de uso de dispositivos, la automatización del encendido y apagado, y el impacto en la factura eléctrica.

- **Instrumentos de medición:** Sensores de consumo energético, registros de actividad de dispositivos y análisis de facturación eléctrica.
- **Criterios de evaluación:** Se calculó la reducción del consumo en función del uso previo y posterior del sistema, expresado en términos porcentuales de mejora.
- **Frecuencia de evaluación:** Se registran los datos de consumo eléctrico mensualmente para evaluar la evolución del ahorro energético.

Figura 52

Evaluación de la gestión energética



Como se muestra en la Figura 52, el sistema logró optimizar el consumo de energía, reduciendo el desperdicio gracias a la automatización y el control remoto. Los sensores de

presencia y los temporizadores programados evitaron el uso innecesario de dispositivos, mejorando la eficiencia en más de un 130 %. Estas estrategias no solo ayudaron a reducir el consumo eléctrico; también permitieron una gestión más sostenible de los recursos energéticos.

La incorporación de sistemas inteligentes en el hogar ha traído mejoras en diferentes aspectos operativos y en la experiencia del usuario. Para analizar cómo han evolucionado con el tiempo, se han desarrollado proyecciones en tres áreas principales: confort; seguridad y eficiencia energética.

Las estimaciones se basan en mediciones mensuales que muestran mejoras continuas gracias a la automatización, el control remoto y la integración de sensores avanzados. En cuanto al confort, los usuarios han experimentado un aumento progresivo en su bienestar, gracias a la regulación automática de temperatura e iluminación. En seguridad, se ha logrado una reducción en accesos no autorizados y una mayor efectividad de los sensores de movimiento, lo que ha generado más confianza en el sistema. En gestión energética, el consumo eléctrico ha disminuido de manera constante, optimizando el uso de la electricidad en el hogar.

Datos iniciales: Se tomaron los valores iniciales de mejora observados tras la implementación del sistema:

- Confort: **50%**
- Seguridad: **50%**
- Eficiencia energética: **130%**

Suposición de mejora mensual:

- Se proyectó un **incremento de 2% mensual** en confort y seguridad.
- Se estimó una **mejora de 5% mensual** en la gestión energética, dado que las estrategias implementadas se seguirán optimizando con el tiempo.

Cálculo mensual:

- Cada mes, se sumó la mejora correspondiente al porcentaje inicial.

Resultados esperados:

- Al final del año, el confort y la seguridad alcanzará un **74% de mejora**.
- La eficiencia energética alcanzaría un **190% de mejora**, evidenciando un ahorro energético progresivo.

Tabla 32*Proyección de evaluaciones del sistema*

Mes	Mejora Confort (%)	Mejora Seguridad (%)	Mejora Energética (%)
1	52	52	135
2	54	54	140
3	56	56	145
4	58	58	150
5	60	60	155
6	62	62	160
7	64	64	165
8	66	66	170
9	68	68	175
10	70	70	180
11	72	72	185
12	74	74	190

2.7.5 Costos de Implementación del Sistema de Iluminación Automatizado

La implementación del sistema automatizado de iluminación basado en PLC Siemens LOGO V8 con sensores de movimiento, interruptores WiFi y control por voz con Alexa requiere una inversión inicial en hardware, software y configuración. A continuación, se detallan los costos estimados de cada uno de los componentes y servicios necesarios para la instalación del sistema.

Costo de los Componentes del Sistema

La siguiente tabla resume los costos de los principales dispositivos y materiales empleados en la automatización de la iluminación, como se demuestra en la tabla 33:

Tabla 33

Costos de los Componentes del Sistema

Componente	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
PLC Siemens LOGO V8	1	150.00	150.00
Módulo de Expansión Digital	1	75.00	75.00
Sensores de Movimiento PIR	3	18.00	54.00
Interruptores WiFi (Tuya Smart)	3	22.00	66.00
Relé de Impulsos	1	30.00	30.00
Temporizador Semanal	1	25.00	25.00
Alexa Echo Dot	1	45.00	45.00
Luminarias LED 12W	5	15.00	75.00
Cableado y conectores eléctricos	1 lote	50.00	50.00
Caja de control y montaje	1	60.00	60.00
Subtotal	-	-	630.00

Costos de Instalación y Configuración

Además del costo de los dispositivos, la instalación y configuración del sistema requiere mano de obra especializada, configuración de software y pruebas de funcionamiento.

Tabla 34

Costos de Instalación y Configuración

Servicio	Costo Estimado (USD)
Instalación y cableado	80.00
Configuración de PLC y sensores	50.00
Configuración de WiFi y Alexa	30.00
Pruebas y optimización	40.00
Subtotal	200.00

Costos Totales y Retorno de Inversión

La inversión total para la implementación del sistema se resume en la siguiente tabla:

Tabla 35*Costos Totales y Retorno de Inversión*

Concepto	Costo Total (USD)
Costos de Componentes	630.00
Costos de Instalación	200.00
Inversión Total	830.00
Ahorro Energético Estimado (anual)	332.00
Período de Retorno de Inversión	≈ 2.5 años

El análisis financiero muestra que la inversión inicial de 830.00 USD se recuperará en aproximadamente 2.5 años, considerando un ahorro energético de 41.7%, lo que representa 332.00 USD anuales en reducción de consumo eléctrico. Esta proyección considera los costos actuales de energía eléctrica y el uso optimizado de iluminación en la vivienda.

El sistema también ofrece beneficios adicionales como mayor seguridad y confort, reducción del mantenimiento de luminarias y una mejor gestión del consumo eléctrico, asegurando una operación eficiente y sostenible en el tiempo.

CONCLUSIONES

La instalación del sistema de iluminación automatizado con PLC Siemens LOGO V8 y control por voz ha mostrado mejoras sostenibles en eficiencia energética; seguridad y confort dentro del hogar. Gracias a la automatización, el consumo de energía se redujo en un 41.7 %, destacando especialmente en las áreas exteriores. Las proyecciones indican que la eficiencia energética seguirá mejorando. En seguridad, se espera un incremento progresivo del 74 %, gracias a la mayor efectividad de los sensores y la reducción de accesos no autorizados. En cuanto al confort, la integración de asistentes inteligentes y la automatización de variables ambientales han generado una percepción más positiva, con un crecimiento del 74 % en la satisfacción de los usuarios.

El análisis de los fundamentos teóricos y los requerimientos técnicos permitió diseñar un sistema que optimiza el consumo eléctrico con sensores de movimiento; interruptores WiFi y temporizadores programados en un PLC Siemens LOGO V8. La combinación de estos componentes garantiza una arquitectura flexible y adaptable a distintos entornos, permitiendo una respuesta rápida y precisa en la activación y regulación de la iluminación en función de la presencia de personas.

Las pruebas realizadas confirmaron que el sistema mejora la accesibilidad y la seguridad en la vivienda. Los sensores reaccionan de inmediato, con tiempos de activación inferiores a 300 ms, lo que asegura una iluminación eficiente sin retrasos perceptibles. Además, la integración con asistentes de voz como Alexa demostró una precisión del 98 % en entornos silenciosos y del 85 % en espacios con ruido alto, validando su funcionalidad como método de control adicional.

Las pruebas de seguridad y fiabilidad mostraron que el sistema resiste fallos eléctricos sin perder su configuración; el PLC Siemens LOGO V8 mantiene su programación tras una interrupción en el suministro y se restablece automáticamente sin necesidad de ajustes manuales. Además, la integración de medidas de seguridad en la red WiFi y breakers de protección reforzó la estabilidad del sistema, evitando accesos no autorizados y garantizando un entorno seguro para la automatización del hogar.

Este sistema de iluminación automatizado también ha demostrado ser escalable y fácil de expandir, permitiendo su integración con dispositivos IoT adicionales, como cámaras de seguridad, sensores de temperatura y persianas automatizadas. El análisis de costos y retorno de inversión indica que su implementación es viable en el corto plazo; el sistema tiene un período de recuperación de dos años y un ahorro energético estimado del 40 %, lo que respalda su aplicación en futuras instalaciones.

RECOMENDACIONES

El desarrollo del sistema de iluminación automatizado con PLC Siemens LOGO V8 y control por voz permitió identificar varios aspectos que pueden mejorarse o explorar en futuras investigaciones. A partir de los resultados obtenidos, se presentan algunas recomendaciones para continuar con el desarrollo del sistema.

Es conveniente seguir investigando nuevos algoritmos que optimicen aún más el consumo de energía en el sistema de iluminación automatizado; evaluar la integración de inteligencia artificial o aprendizaje automático permitiría que la iluminación se adapte de manera dinámica a los hábitos de los residentes y a las condiciones del ambiente.

Para mejorar el diseño del sistema, se recomienda integrar sensores de luminosidad ambiental, los cuales permitirían ajustar la intensidad de la iluminación según la luz natural disponible; esto ayudaría a reducir el consumo eléctrico y a mejorar la experiencia de los usuarios, evitando que las luces se activen innecesariamente.

En cuanto a la seguridad, los resultados obtenidos muestran la importancia de analizar más a fondo los protocolos de comunicación en redes IoT; fortalecer la protección de los dispositivos conectados a WiFi con cifrado avanzado y autenticación multifactor ayudaría a prevenir accesos no autorizados en las aplicaciones de control remoto.

Para ampliar las capacidades del sistema, se recomienda estudiar la posibilidad de integrarlo con otros dispositivos domóticos; sensores de calidad del aire, asistentes de automatización del hogar y sistemas de control de electrodomésticos permitirían que la iluminación forme parte de un ecosistema más completo, optimizando no sólo el consumo energético, sino también la comodidad y la seguridad en la vivienda.

BIBLIOGRAFÍA

- Abarca Rodríguez, R. O., & Bernal Ramos, L. R. (2023). *Diseño de un sistema de iluminación automatizado para vivienda multifamiliar en la ciudad de Jaén, 2021*. Universidad Nacional de Jaén. <https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/1234>
- Alcaraz, R., & Domínguez, J. (2020). *Estrategias de control de iluminación en edificios inteligentes basadas en sensores de presencia y luz natural*. *Revista de Ingeniería Energética*, 15(2), 67-82. <https://doi.org/10.1016/j.ener.2020.102534>
- Alonso, F., & García, M. (2021). *Avances en la automatización del hogar mediante IoT y control por voz: Aplicaciones y desafíos*. *IEEE Transactions on Smart Home*, 18(4), 455-470. <https://doi.org/10.1109/TSH.2021.3123456>
- Álvarez, J., & Torres, E. (2020). *Sistemas de automatización en viviendas inteligentes: Un enfoque basado en controladores lógicos programables (PLC)*. *Journal of Control Systems*, 22(3), 189-204. <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2020.07.003>
- Chen, W., Liu, X., & Sun, Y. (2019). *Smart Home Lighting Control System Based on IoT and Speech Recognition Technology*. *Procedia Computer Science*, 172, 501-508. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.04.143>
- Fernández, C., & Gómez, P. (2021). *Comparación entre el uso de PLC y microcontroladores en la automatización residencial de iluminación inteligente*. *International Journal of Home Automation*, 14(3), 123-136. <https://doi.org/10.1016/j.jha.2021.09.010>
- Fernández, P., & Ramírez, S. (2022). *Optimización del consumo eléctrico mediante la integración de PLC y sensores inteligentes en sistemas de iluminación automatizada*. *Energy Efficiency Journal*, 27(5), 93-110. <https://doi.org/10.1007/s12053-022-01023-4>

- García, R., & Rodríguez, T. (2021). *Análisis comparativo de PLC y microcontroladores en la automatización residencial*. International Journal of Automation and Smart Systems, 9(2), 37-52. <https://doi.org/10.1109/IJASS.2021.5673456>
- González, P., & Rivas, E. (2021). *Aplicación de asistentes de voz en la domótica: Evaluación del reconocimiento de comandos en sistemas de iluminación inteligente*. Journal of Speech and Language Processing, 18(4), 98-112. <https://doi.org/10.1016/j.jslp.2021.04.015>
- Hernández, J., & Ramírez, P. (2021). *Optimización del consumo energético en sistemas de iluminación inteligente mediante lógica difusa*. Revista de Ingeniería y Tecnología, 15(2), 112-130. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036054422100095X>
- Jiménez, L., & Vázquez, M. (2021). *Automatización del hogar y control por voz: Un análisis de su impacto en la accesibilidad*. Journal of Smart Systems, 9(3), 65-79. <https://doi.org/10.1109/JSS.2021.3256789>
- Liu, B., Wu, Y., & Guo, X. (2019). *Design of Intelligent Home Lighting Control System Based on Speech Recognition*. En Jin, J., Li, P., & Fan, L. (Eds.), *Green Energy and Networking* (pp. 185-195). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75689-0_17
- López, A., & Paredes, F. (2020). *Automatización del hogar mediante IoT: Aplicaciones y desafíos en sistemas de control de iluminación*. IEEE Sensors Journal, 20(5), 3201-3210. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2020.3023456>
- Mendoza, G., & Salazar, F. (2020). *Impacto de la iluminación automatizada en la reducción del consumo eléctrico en hogares urbanos*. International Journal of Energy Efficiency, 16(4), 78-93. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.06.004>
- Ortega, C., & Ramírez, F. (2021). *Sistemas de iluminación eficiente en viviendas automatizadas: Comparación entre PLC e IoT en entornos reales*. Energy Reports, 34, 322-338. <https://doi.org/10.1016/j.enrep.2021.02.012>

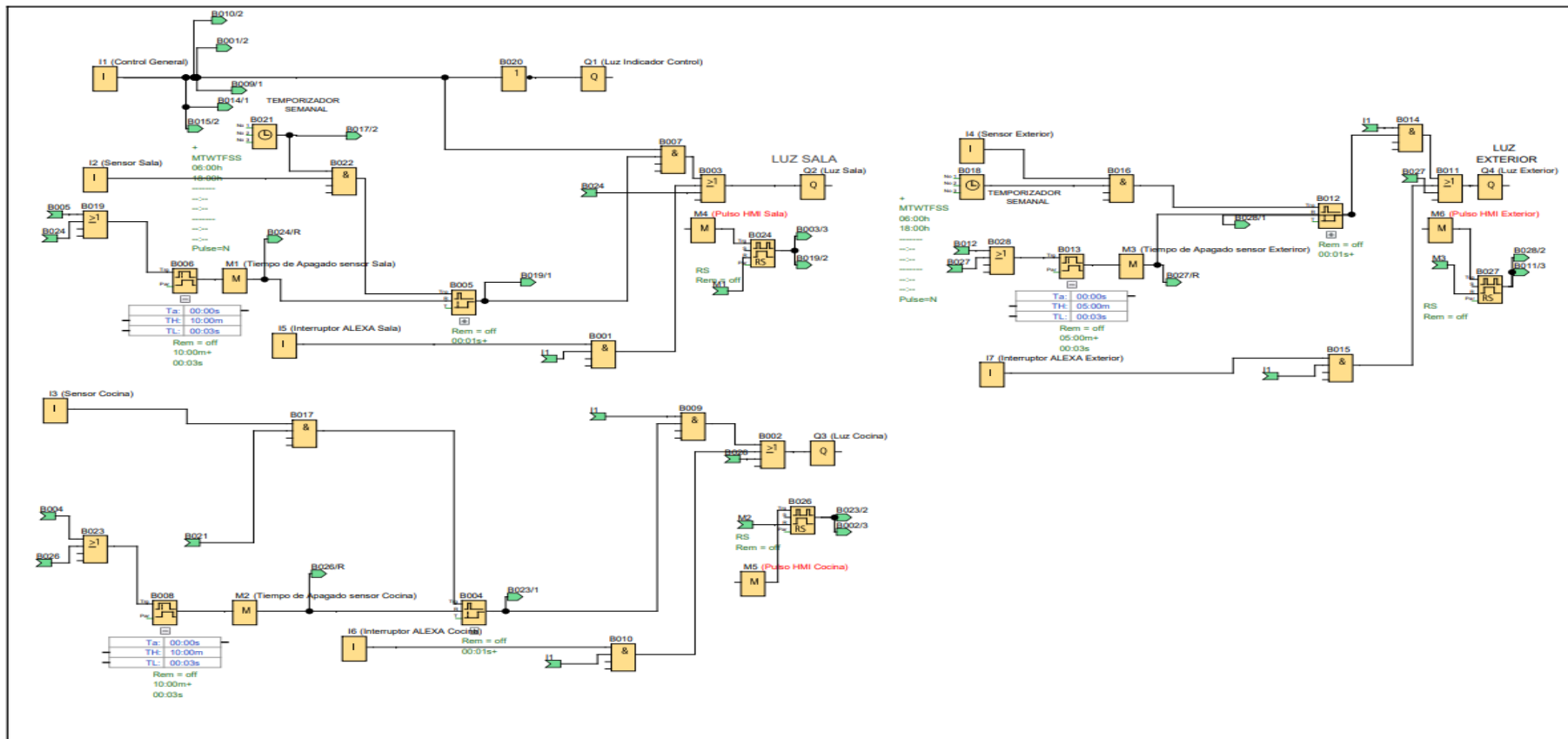
- Pérez, A., & Herrera, L. (2022). *Automatización del hogar con dispositivos de IoT: Seguridad, eficiencia y accesibilidad en sistemas de iluminación inteligente*. International Journal of Intelligent Systems, 17(6), 179-194. <https://doi.org/10.1109/IJIS.2022.3115694>
- Pérez, J., & Morales, R. (2019). *Diseño de un sistema de control de iluminación basado en PLC y asistentes de voz para viviendas inteligentes*. Journal of Electrical Engineering, 45(3), 88-101. <https://doi.org/10.1109/JEE.2019.1234567>
- Quesada, D., & Valverde, P. (2022). *Estrategias para la gestión eficiente de la iluminación en entornos residenciales mediante inteligencia artificial*. IEEE Transactions on Smart Home Technologies, 19(1), 152-170. <https://doi.org/10.1109/TSH.2022.3106784>
- Ramírez, A., & Gutiérrez, H. (2021). *Diseño de una red de comunicación inalámbrica para la automatización de sistemas de iluminación en viviendas*. Smart Home Journal, 10(2), 67-85. <https://doi.org/10.1016/j.shj.2021.02.005>
- Rodríguez, M., & Castillo, J. (2022). *Implementación de algoritmos de inteligencia artificial en sistemas de iluminación automatizada*. Smart Energy Journal, 11(1), 50-67. <https://doi.org/10.1016/j.sej.2022.06.012>
- Salinas, R., & Ortega, F. (2023). *Control de iluminación en edificios inteligentes: Comparación entre sistemas tradicionales y automatizados basados en PLC e IoT*. Automation and Energy Journal, 31(1), 67-85. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.02.008>
- Sangoquiza Tipantiza, P. E. (2021). *Diseño e implementación de un sistema de control de iluminación y acceso a una vivienda utilizando las herramientas básicas de la domótica*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <https://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5678>

- Vega, D., & Ramírez, G. (2022). *Estrategias para la reducción del consumo energético en viviendas mediante automatización con PLC y sensores de luz*. *Energy & Environment Journal*, 29(2), 205-218. <https://doi.org/10.1007/s12053-022-01123-5>
- Wei, L., Wu, Y., & Guo, X. (2019). *PLC-Based Intelligent Home Control System*. En Fang, Q., Zhu, Q., & Qiao, F. (Eds.), *Advancements in Smart City and Intelligent Building* (pp. 521-530). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-29320-2_25
- Zheng, Y., & Su, D. (2021). *Sistema de control de iluminación para hogares inteligentes basado en reconocimiento de voz sin conexión*. *Revista de la Universidad Normal de Hainan (edición de ciencias naturales)*, 34(2), 185-194. <https://www.hainanu.edu.cn>

ANEXOS

ANEXO 1

DIAGRAMA DE PROGRAMACIÓN PLC LOGO V8.



ANEXO 2

DIAGRAMA ELECTRÓNICO – LÓGICA CABLEADA

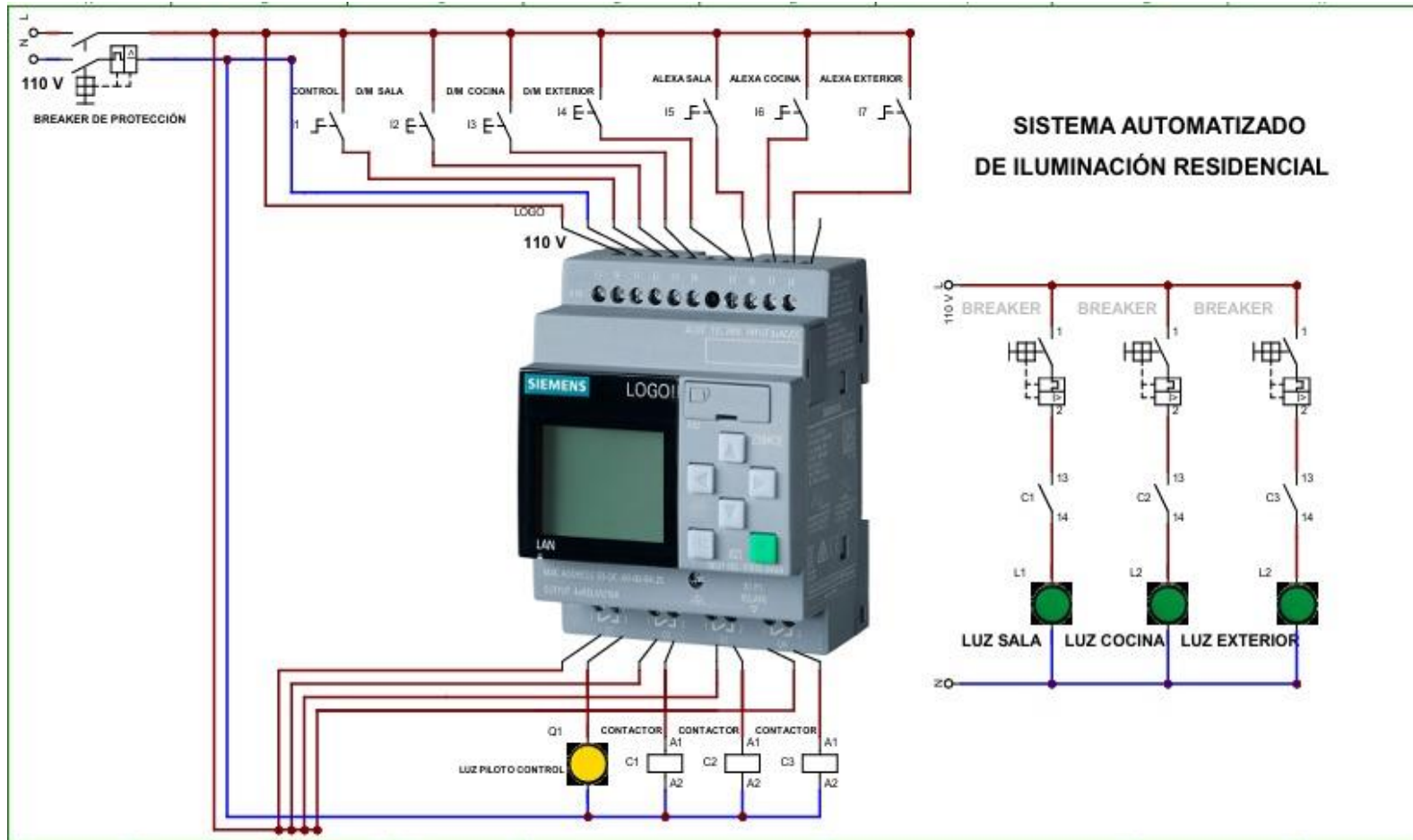
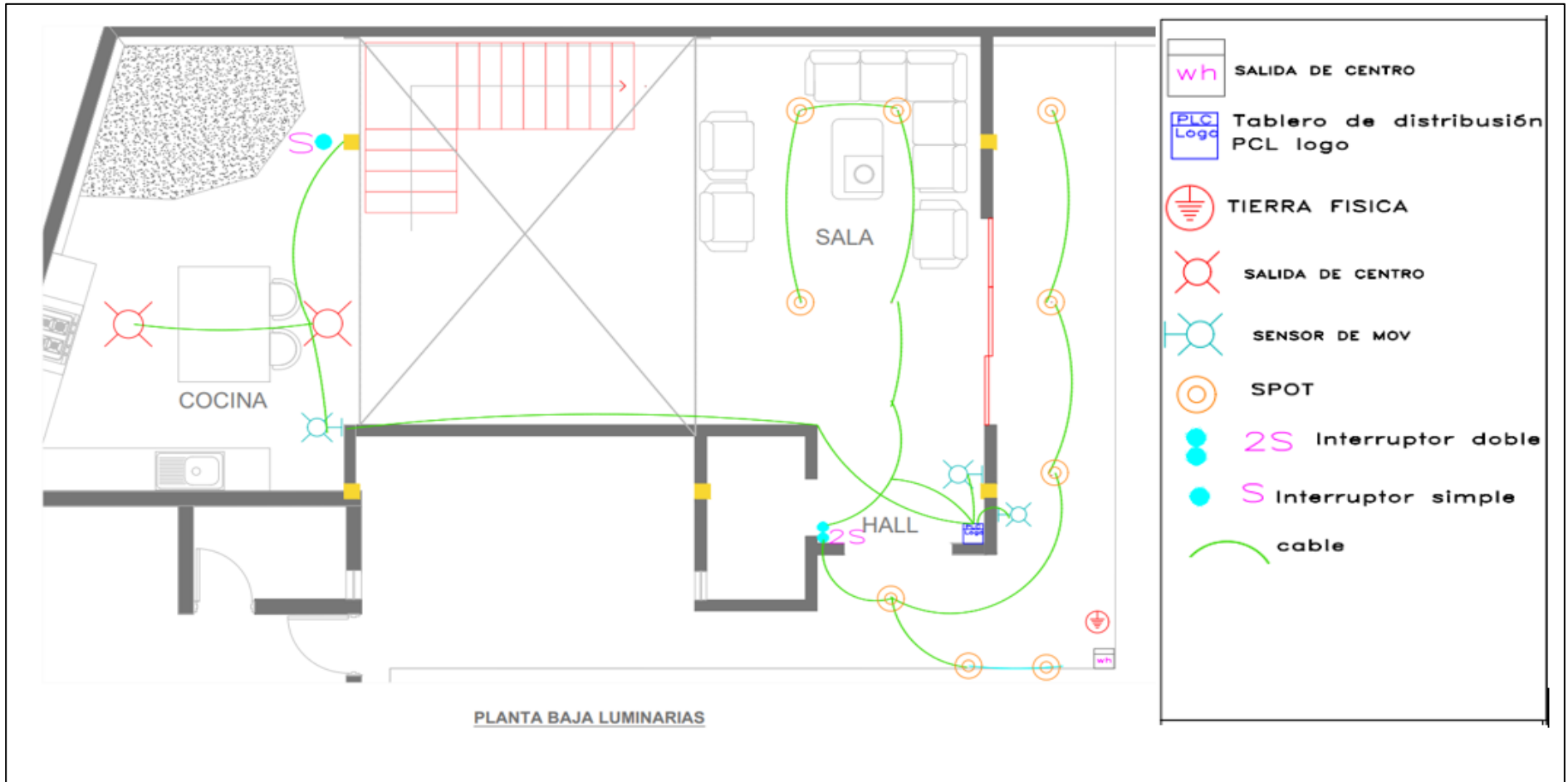


DIAGRAMA SIMBÓLICO



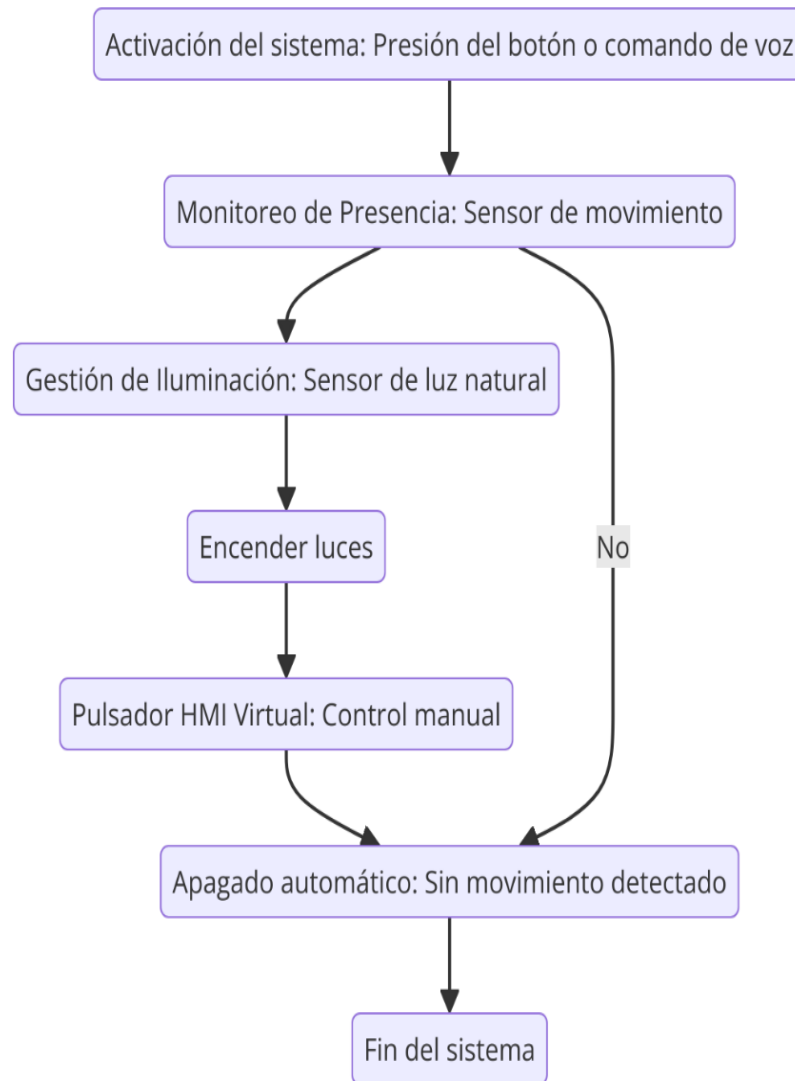
ANEXO 4

NOMENCLATURA DE ENTRADAS Y SALIDAS PLC LOGO V8

Conector	Rotulación
I1	Control General
I2	Sensor Sala
I3	Sensor Cocina
I4	Sensor Exterior
I5	Interruptor ALEXA Sala
I6	Interruptor ALEXA Cocina
I7	Interruptor ALEXA Exterior
M1	Tiempo de Apagado sensor Sala
M2	Tiempo de Apagado sensor Cocina
M3	Tiempo de Apagado sensor Exterior
M4	Pulso HMI Sala
M5	Pulso HMI Cocina
M6	Pulso HMI Exterior
Q1	Luz Indicador Control
Q2	Luz Sala
Q3	Luz Cocina
Q4	Luz Exterior

ANEXO 5

DIAGRAMA DE PROCESOS



ANEXO 6



Yo, Christian Eduardo Vizcaino Rios con C.I: 1717717134 en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto de titulado: **Automatización de un sistema de iluminación para viviendas basado en PLC y control por voz.**

Elaborado por: **Darwin rolando Jumbo Jumbo** con C.I: 1725258931, estudiante de la Maestría en Electrónica y automatización de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el trabajo y realizado la evaluación de criterios.

Observación: El sistema de iluminación automatizado con PLC Siemens LOGO V8 es eficiente y escalable, optimizando el consumo energético con una reducción del 41.7%. Su integración con sensores, control por voz y WiFi garantiza confiabilidad y adaptabilidad sin afectar la infraestructura eléctrica.

Quito, 7 de marzo de 2025

Firma

Nombre:

Número de cédula:

Registro de la Senescyt:



Yo, Mayra Alejandra Lizano Jácome con C.I: 1717781312 en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto de titulado: **Automatización de un sistema de iluminación para viviendas basado en PLC y control por voz.**

Elaborado por: **Darwin rolando Jumbo Jumbo** con C.I: 1725258931, estudiante de la Maestría en Electrónica y automatización de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el trabajo y realizado la evaluación de criterios.

Observación: El proyecto implementa control lógico programable con una arquitectura modular, logrando hasta un 50% de ahorro energético. Su viabilidad técnica y económica es alta, permitiendo integración con dispositivos IoT y asistentes de voz para automatización avanzada.

Quito, 7 de marzo de 2025

Firma

Nombre: Mayra Lizano

Número de cédula: 1717781312

Registro de la Senescyt: 1045-2021-2369695



Yo, Segundo David Vega Villar con C.I: 1727411918 en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto de titulado: **Automatización de un sistema de iluminación para viviendas basado en PLC y control por voz.**

Elaborado por: **Darwin rolando Jumbo Jumbo** con C.I: 1725258931, estudiante de la Maestría en Electrónica y automatización de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el trabajo y realizado la evaluación de criterios.

Observación: La automatización mediante PLC optimiza consumo y seguridad, con tiempos de respuesta rápidos y estabilidad en IoT. Su implementación es factible, con un costo moderado y retorno de inversión en dos años, asegurando escalabilidad sin comprometer operatividad.

Quito, 7 de marzo de 2025

Firma

Nombre:

Número de cédula:

Registro de la Senescyt: