



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRONICA

Diseño e implementación de un sistema domótico siguiendo lineamientos de certificación LEED para asistir a personas con movilidad reducida utilizando microcontrolador ESP32 y asistente Amazon

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Mecatrónico

AUTORES

Ari Vigo, Alberto Roman Jose
ORCID: 0000-0002-7443-0025

Castillo Cruz, William Alonso
ORCID: 0000-0001-5009-6707

ASESOR

Sotelo Valer, Freedy
ORCID: 0000-0003-3079-2857

Lima, Perú

2023

METADATOS COMPLEMENTARIOS

Datos de los autores

Ari Vigo, Alberto Roman Jose

DNI: 72844381

Castillo Cruz, William Alonso

DNI: 72638696

Datos de asesor

Sotelo Valer, Freedy

DNI: 25804755

Datos del jurado

JURADO 1

Lopez Cordova, Jorge Luis

DNI: 09638009

ORCID: 0000-0002-3817-6859

JURADO 2

Tanaka Takashigue, Fernando

DNI: 07206456

ORCID: 0000-0002-1475-9195

JURADO 3

Castro Salguero, Robert Gerardo

DNI: 06756101

ORCID: 0000-0001-9909-3435

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 2.11.02

Código del Programa: 712046

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Alberto Roman Jose Ari Vigo, con código de estudiante N°201712075, con DNI N°72844381, con domicilio en Calle San Francisco Lt. 17 Mz. C Urb. Santa Marta, distrito Ate, provincia y departamento de Lima, y William Alonso Castillo Cruz, con código de estudiante N°201710427, con DNI N°7263696, con domicilio en Av. Las Nazarenas 334, distrito Santiago de Surco, provincia y departamento de Lima, en nuestra condición de bachilleres en Ingeniería Mecatrónica de la Facultad de Ingeniería, declaramos bajo juramento que:

La presente tesis titulada: “Diseño e implementación de un sistema domótico siguiendo lineamientos de certificación LEED para asistir a personas con movilidad reducida utilizando microcontrolador ESP32 y asistente Amazon” es de nuestra única autoría, bajo el asesoramiento del docente Freedy Sotelo Valer, y no existe plagio y/o copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación presentado por cualquier persona natural o jurídica ante cualquier institución académica o de investigación, universidad, etc.; la cual ha sido sometida al antiplagio Turnitin y tiene el 11% de similitud final.

Dejamos constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en la tesis, el contenido de estas corresponde a las opiniones de ellos, y por las cuales no asumimos responsabilidad, ya sean de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o de internet.

Asimismo, ratificamos plenamente que el contenido íntegro de la tesis es de nuestro conocimiento y autoría. Por tal motivo, asumimos toda la responsabilidad de cualquier error u omisión en la tesis y somos conscientes de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de falsa declaración, nos sometemos a lo dispuesto en las normas de la Universidad Ricardo Palma y a los dispositivos legales nacionales vigentes.

Surco, 15 de octubre de 2023



Alberto Roman Jose Ari Vigo

DNI N°72844381



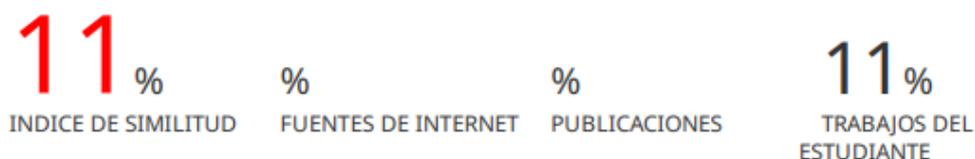
William Alonso Castillo Cruz

DNI N°7263696

INFORME DE ORIGINALIDAD-TURNITIN

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DOMÓTICO SIGUIENDO LINEAMIENTOS DE CERTIFICACIÓN LEED PARA ASISTIR A PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA UTILIZANDO MICROCONTROLADOR ESP32 Y ASISTENTE AMAZON

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	2 %
2	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1 %
3	Submitted to UNIV DE LAS AMERICAS Trabajo del estudiante	<1 %
4	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja Trabajo del estudiante	<1 %
5	Submitted to Universidad Anahuac México Sur Trabajo del estudiante	<1 %
6	Submitted to University of Technology, Sydney Trabajo del estudiante	<1 %

Submitted to Universidad Continental


Mg Ing Eduardo Ale Estrada

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Juan y Patricia, a mi hermana Aldana, a mi enamorada Giannella y toda mi familia, por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificios incansables a lo largo de mi vida. Su ejemplo de perseverancia y dedicación ha sido mi mayor inspiración. Este logro también es en memoria de quienes me dejaron el camino, quienes siempre creyeron en mí y cuya ausencia se siente profundamente.

William Alonso Castillo Cruz

A mi padre Alberto y a mi madre Lilia,

Cada página de esta tesis lleva su esencia y sacrificio. La educación y valores que me inculcaron han sido mi guía. Agradezco profundamente el apoyo económico y emocional brindado. En cada desafío, encontré en ustedes un refugio y aliento. Esta tesis, más que un logro académico, es un reflejo de vuestro amor y fe en mí. Dedicado a ambos con todo mi amor y gratitud.

Alberto Roman Jose Ari Vigo

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestra profunda gratitud a los profesores de la escuela de ingeniería mecatrónica, quienes nos proporcionaron las bases fundamentales para llevar a cabo esta investigación. En particular, deseamos destacar y agradecer de manera especial a nuestro asesor, quien generosamente compartió sus conocimientos y nos orientó a lo largo de todo el proceso de investigación. Por último, extendemos nuestro agradecimiento a todas las personas que de alguna forma contribuyeron al logro de esta tesis, ya que este éxito es el resultado del esfuerzo conjunto de muchas personas.

Alberto Roman Jose Ari Vigo

William Alonso Castillo Cruz

ÍNDICE GENERAL

METADATOS COMPLEMENTARIOS	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
INFORME DE ORIGINALIDAD-TURNITIN.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.1. Formulación y delimitación del problema:	3
1.1.1. Problema general	5
1.1.2. Problemas específicos	5
1.2. Importancia y justificación del estudio	5
1.2.1 Importancia del estudio.....	5
1.2.2 Justificación del estudio	5
1.3. Delimitación del estudio	6
1.4. Objetivos:.....	7
1.4.1. Objetivo General:.....	7
1.4.2. Objetivos Específicos:	7
CAPÍTULO II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	8
2.1 Marco Histórico:	8
2.2 Investigaciones relacionadas con el tema	13
2.2.1 Antecedentes Internacionales	13
2.2.2 Antecedentes Nacionales:	15
2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio	17
2.3.1 Movilidad reducida	177
2.3.2. Domótica.....	21
2.3.3. Electrónica	24
2.3.4. Energías alternativas limpias	27

2.3.5. Asistentes virtuales	29
2.3.6 Plataformas IoT (Internet of Things)	31
2.4 Definición de términos básicos:.....	33
2.5. Hipótesis:	34
2.5.1. Hipótesis General:.....	34
2.5.2. Hipótesis Específicos:.....	344
2.6. Metodología del estudio.....	35
2.6.1. Tipo y método de investigación.....	355
2.6.2 Población de estudio	366
2.6.3. Diseño muestral	366
2.6.4. Relación entre variables.....	366
2.6.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	366
2.6.6. Procedimientos para la recolección de datos	377
2.6.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	377
CAPÍTULO III: DISEÑO, SIMULACIÓN E IMPLEMENTACIÓN	388
3.1. Optimización Energética.....	388
3.1.1. Fuentes de Energía y Eficiencia.....	388
3.1.2. Eficiencia de Conversión:	399
3.2 Análisis Teórico vs Experimental de Rendimiento Energético	40
3.2.1. Análisis Teórico:.....	40
3.2.2. Análisis Experimental:.....	4141
3.3. Evaluación de Paneles Solares.....	444
3.3.1. Contrastando Paneles Simples e Inteligentes.....	444
3.3.2. Instalación del panel solar.....	455
3.4. Hogar Adaptado: Implementación y Detalles.....	477
3.4.1. El Corazón del Sistema: Microcontrolador ESP32.....	477
3.4.2 Actuadores: Los Ejecutores Silenciosos	499
3.4.3 Alexa: La Voz Asistente	5050
3.4.4. Sensores de Temperatura: Nuestros Vigías Térmicos	522
3.4.5. Visionado Arquitectónico: Planos del Hogar	544
3.5 Cables: Encontrando el Mejor Conductor	566
3.6. Interruptores.....	577
3.7. Microcontroladores en Revista: En busca del más Eficiente.....	588

3.8. Implementación y Programación	6060
3.8.1 Configuración del ESP32.....	6060
3.8.2 Instalación de Sensores y Actuadores.....	6060
3.8.3 Pruebas Iniciales de Hardware.....	6161
3.8.4. Codificación en Arduino IDE	6161
3.8.5. Bibliotecas y Módulos	6262
3.8.6. Depuración.....	62
3.9. Diseño y Montaje de la Placa	633
3.9.1 Selección de Componentes:	633
3.9.2 Diseño Esquemático:	644
3.9.3 Diseño de la Placa de Circuito Impreso (PCB):	644
3.10. El Alma Digital: Programando el ESP32	666
3.11. Alexa: Enseñándole a Comprender y Actuar.....	677
3.12. Integración Total: De la Placa a la Casa	7171
3.12.1 Configuración Inicial:	7171
3.12.2 Instalación en el Entorno Doméstico:	7171
3.12.3 Conexión y Comunicación:	7171
3.12.4 Configuración Final y Pruebas:	7171
3.12.5 Optimización y Ajustes:.....	722
CAPITULO VI: Prueba y funcionamiento	733
4.1 Testeo y Evaluación del Sistema	733
4.1.1 Pruebas Funcionales:	733
4.1.2 Evaluación de Performance:	733
4.1.3 Pruebas de Escalabilidad:	733
4.1.4 Pruebas de Seguridad:.....	744
4.1.5 Pruebas de Usabilidad:.....	744
4.1.6 Pruebas de Estabilidad y Resiliencia:	744
4.1.7 Documentación y Retroalimentación:	744
4.2 Conclusiones	766
4.2.1. Cumplimiento de Objetivos:.....	766
4.2.2. Aprendizaje Técnico y Desarrollo de Habilidades:	777
4.2.3. Impacto en el Entorno Doméstico:	777
4.2.4. Desafíos y Soluciones:.....	777

4.2.5. Perspectivas Futuras:	777
4.2.6. Contribución a la Comunidad:	777
4.2.7. Reflexiones Finales:.....	777
4.3. Recomendaciones	788
REFERENCIAS.....	8080

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01	Avance de la asistencia humana.....	8
Figura 02	ECHO (Electronic Computing Home Operator) Primer producto doméstico del mundo.....	9
Figura 03	Avance de las versiones de Certificación LEED.....	11
Figura 04	El proyecto optará por seguir los lineamientos de cuidado de energía	12
Figura 05	Regiones del mundo: índice de envejecimiento, 1950-2100.....	18
Figura 06	Prototipo desarrollado para la implementación de la domótica en el hogar	21
Figura 07	Desarrollo de las fases de nuestro sistema doméstico para la tesis	22
Figura 08	Prototipo desarrollado para las pruebas de implementación de la domótica en el hogar.....	25
Figura 09	Partes del módulo relé y su protector	26
Figura 10	Producción de energía en el Perú	28
Figura 11	Diseño y simulación del panel solar inteligente	29
Figura 12	Estructura SOC ESP32.....	32
Figura 13	PinOut ESP32.....	32
Figura 14	Planos de la casa doméstica.....	55
Figura 15	Desarrollo del código en Arduino	63
Figura 16	Desarrollo esquemático	64
Figura 17	Desarrollo en PCB.....	65
Figura 18	Desarrollo en PCB 3D.....	65
Figura 19	Enlazado con Alexa Amazon.	68
Figura 20	Registro de datos en Arduino	68
Figura 21	Adición y activación de Arduino en la aplicación de Alexa Amazon.....	69
Figura 22	Conexión del ESP32 con Alexa Amazon, mediante Skills.	69
Figura 23	Adición y activación de Arduino en la aplicación de Alexa Amazon.....	70
Figura 24	Vinculación de dispositivos.....	70
Figura 25	Pruebas con el tablero eléctrico.....	72
Figura 26	Verificación de conexión con Alexa Amazon.....	75
Figura 27	Verificación de conexión con Alexa Amazon en el comedor	75
Figura 28	Verificación de conexión con Alexa Amazon de doble focos (cocina 2) ...	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Son 7 puntos para obtener una calificación de Movilidad Reducida.....	17
Tabla 2	Descripción de la figura 5.....	26
Tabla 3	Comparación de Diversas Fuentes de Energía en términos de Eficiencia, Impacto Ambiental e Impacto Socioeconómico.	40
Tabla 4	Valores capturados el día 16/09/2023.....	42
Tabla 5	Comparativa entre paneles solares simples e inteligentes.	45
Tabla 6	Comparación de Microcontroladores IoT.....	48
Tabla 7	Ventajas y desventajas de actuadores	50
Tabla 8	Comparativa de asistentes inteligentes	51
Tabla 9	Comparativa de sensores de temperatura inteligentes	53
Tabla 10	Características de los cables en el hogar.....	56
Tabla 11	Comparativa de tipos de interruptores comunes.....	58
Tabla 12	Comparativa de tipos de microcontroladores.	59
Tabla 13	Características del ESP32.....	67
Tabla 14	Presupuesto.....	79

RESUMEN

En la presente tesis se abordó el diseño y la implementación de un avanzado sistema domótico, específicamente concebido para mejorar y facilitar la vida diaria de las personas con movilidad reducida.

La tesis se centra en la adaptación de la tecnología para atender las necesidades de personas con discapacidades físicas, priorizando la inclusión y la autonomía. Emplea el microcontrolador ESP32 para funciones específicas, como el control de iluminación y climatización, y simplifica la interacción mediante un asistente de voz, esto posibilita que los usuarios gestionen su entorno sin tener que enfrentarse a interfaces complicadas. Además, integra paneles solares para una fuente de energía sostenible y se esfuerza por lograr la certificación LEED, lo que garantiza una reducción en los costos operativos a largo plazo.

La implementación de este sistema domótico busca fusionar tecnología, accesibilidad y sostenibilidad, lo que, en última instancia, mejora significativamente la calidad de vida de los usuarios. Además, proyecta la domótica como un elemento esencial para la creación de un mundo más inclusivo y respetuoso con el medio ambiente. La combinación de tecnología amigable con el usuario, energía limpia y renovable, y la promoción de la inclusión forma un enfoque completo y holístico que tiene un impacto positivo tanto a nivel personal como ambiental.

Palabras clave: Sistema domótico, Movilidad reducida, Microcontrolador ESP32, Asistente Amazon, Tecnología, Inclusión, Autonomía, Comandos de voz, Accesibilidad, Impacto ambiental, Paneles solares, Certificación LEED, Sostenibilidad, Eficiencia energética, Energía renovable, Innovación tecnológica.

ABSTRACT

This thesis addressed the design and implementation of an advanced home automation system, specifically designed to improve, and facilitate the daily life of people with reduced mobility.

The thesis focuses on the adaptation of technology to meet the needs of people with physical disabilities, prioritizing inclusion, and autonomy. It uses the ESP32 microcontroller for specific functions, such as lighting and climate control, and simplifies interaction through a voice assistant, allowing users to manage their environment without having to deal with complicated interfaces. Additionally, it integrates solar panels for a sustainable energy source and strives to achieve LEED certification, ensuring a reduction in long-term operating costs.

The implementation of this home automation system seeks to merge technology, accessibility, and sustainability, which, ultimately, significantly improves the quality of life of users. In addition, it projects home automation as an essential element for the creation of a more inclusive and environmentally friendly world. The combination of user-friendly technology, clean and renewable energy, and the promotion of inclusion forms a complete and holistic approach that has a positive impact on both a personal and environmental level.

Keywords: Home automation system, Reduced mobility, ESP32 microcontroller, Amazon Assistant, Technology, Inclusion, Autonomy, Voice commands, Accessibility, Environmental impact, Solar panels, LEED Certification, Sustainability, Energy efficiency, Renewable energy, Technological innovation.

INTRODUCCIÓN

La domótica, el arte de automatizar y controlar de manera remota los elementos de una casa, ha abierto un mundo de posibilidades para mejorar la vida de las personas, especialmente aquellas con movilidad reducida. El presente texto aborda el diseño e implementación de un sistema domótico siguiendo lineamientos de certificación LEED (Líder en Energía y Diseño Ambiental), utilizando un microcontrolador ESP32 y un asistente Amazon. Este sistema se enfoca en facilitar la vida de las personas con movilidad reducida, proporcionando un entorno de vida más independiente y mejorando su calidad de vida.

El avance de la tecnología ha permitido la integración de varios sistemas de control en una única interfaz, permitiendo a los usuarios controlar sus hogares con solo tocar una pantalla o dar un comando de voz. Los microcontroladores ESP32, con su robusta conectividad y potencia de procesamiento, se han convertido en el corazón de muchos sistemas domóticos. Por otro lado, los asistentes de voz, como el Asistente Amazon, han revolucionado la forma en que interactuamos con la tecnología. Al combinar estos dos elementos, este proyecto busca proporcionar una solución asequible y eficaz para ayudar a las personas con movilidad reducida.

Además, este proyecto tiene en cuenta la importancia de la sostenibilidad y el impacto medioambiental. Siguiendo los lineamientos de la certificación LEED, se busca minimizar el consumo de energía y reducir la huella de carbono. LEED es un sistema de certificación de edificios verdes reconocido internacionalmente, que establece directrices para un diseño y construcción sostenibles. Un sistema domótico que cumpla con estos criterios no sólo beneficiará a los usuarios, sino que también será beneficioso para el medio ambiente.

El diseño del sistema se basa en las necesidades específicas de las personas con movilidad reducida. Este grupo incluye a las personas mayores, a las personas con discapacidades físicas y a otras que pueden tener dificultades para moverse por su casa. El sistema proporciona un control eficiente de la iluminación, la climatización, los electrodomésticos y otros elementos de la casa. También incluye funciones de seguridad, como detección de movimientos anómalos y sistemas de alarma.

La implementación del sistema es un proceso cuidadosamente planificado que incluye pruebas exhaustivas y adaptación a las necesidades específicas del usuario. Los aspectos técnicos de la implementación, como la programación del microcontrolador y la

integración con el Asistente Amazon, son discutidos en detalle. Se proporcionan también instrucciones claras para la instalación y el mantenimiento del sistema.

Teniendo en cuenta lo mencionado, la presente investigación comprende la siguiente estructura:

CAPÍTULO I: Planteamiento y delimitación del problema: En este capítulo, se destaca la problemática central a abordar, junto con la formulación de objetivos generales y específicos. Se proporcionará la justificación del estudio, estableciendo el valor y relevancia del mismo, y se detallarán los alcances y limitaciones de la investigación, para establecer el marco dentro del cual se desarrollará el proyecto.

CAPÍTULO II: Fundamentos Teóricos: Este capítulo recoge los antecedentes de la investigación, esenciales para entender el contexto y las bases sobre las que se erige el estudio. Se realiza la selección de variables pertinentes al estudio y se elabora sobre las bases teóricas que respaldan la investigación, proporcionando el soporte conceptual necesario para la comprensión del proyecto.

CAPÍTULO III: Diseño e Implementación del Sistema Domótico: En esta sección, se presenta una descripción detallada de los diversos componentes del sistema domótico, incluyendo el diseño mecánico, diseño eléctrico, diseño electrónico y el diseño informático. Se ofrece una explicación exhaustiva de cada componente y su funcionalidad, junto con su integración en el sistema general.

CAPÍTULO IV: Evaluación y Resultados: Este capítulo aborda la fase de evaluación del sistema propuesto, verificando si los objetivos planteados en la investigación han sido alcanzados. Se documentan y analizan los resultados obtenidos tras las pruebas, proporcionando un análisis integral de los hallazgos y comparándolos con los objetivos y expectativas previamente establecidos.

Finalmente, en este capítulo, se sintetizan las conclusiones extraídas a partir de la investigación realizada y los resultados obtenidos. Se ofrecen recomendaciones para futuras investigaciones y mejoras, poniendo en perspectiva el valor de la investigación realizada y su potencial para futuros estudios y aplicaciones.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

En este capítulo se describe el origen de la investigación titulada Diseño e implementación de un sistema domótico siguiendo lineamientos de certificación LEED para asistir a personas con movilidad reducida utilizando microcontrolador ESP32 y asistente Amazon. También se presentan los objetivos de la tesis, la justificación para su desarrollo, los alcances y limitaciones, adicionalmente, se describe la estructura del presente documento.

1.1. Formulación y delimitación del problema:

La integración de tecnología para el apoyo de personas con movilidad reducida se ha convertido en un tema de creciente importancia a nivel global. Las brechas en términos de accesibilidad y funcionalidad adecuada para estas personas son evidentes y significativas en diferentes regiones del mundo. Esta situación se agrava por el envejecimiento de la población y el crecimiento en el número de personas con enfermedades crónicas que afectan su movilidad.

A medida que se avanza hacia una sociedad cada vez más digitalizada, es esencial que las personas con movilidad reducida no se queden atrás. Desafortunadamente, en la actualidad, estas personas a menudo enfrentan obstáculos significativos para realizar sus actividades diarias de manera independiente (World Health Organization, 2021). Uno de los desafíos más importantes es la falta de viviendas diseñadas teniendo en cuenta la accesibilidad (Perilla, 2020).

La situación global indica una urgente necesidad de soluciones. El envejecimiento de la población y el crecimiento en el número de personas con enfermedades crónicas están exacerbando la demanda de soluciones accesibles y sostenibles (Cardona & Peláez, 2012). Sin embargo, a pesar de los avances en tecnología de asistencia, como los asistentes virtuales y los sistemas de automatización del hogar, estos no se han integrado plenamente en los sistemas de vivienda actuales ni se han adoptado en una escala suficientemente amplia (Rueda, 2023).

Asia y África, por otro lado, enfrentan aún más dificultades. Las infraestructuras y las políticas en torno a la accesibilidad están menos desarrolladas en estas regiones

(Organización Mundial de la Salud, [OMS], 2021). Además, el rápido crecimiento urbano a menudo no considera las necesidades de accesibilidad, limitando aún más las opciones de vivienda para las personas con movilidad reducida (Romero, 2011).

Europa presenta desafíos similares. A pesar de los avances en tecnología de apoyo, la implementación de estas soluciones en hogares accesibles es insuficiente (Herrera, 2005). Esta situación deja a muchas personas con movilidad reducida en una situación difícil y a menudo insostenible. Como resultado, estas personas pueden verse significativamente limitadas en su capacidad para moverse y funcionar dentro de sus propios hogares. Esto puede tener un impacto perjudicial en su calidad de vida, su independencia y su bienestar emocional (Surià, 2020).

En América, el Consejo Canadiense de Discapacidades (2021) identificó una escasez crítica de viviendas accesibles. Aunque existen regulaciones en países como Estados Unidos, la falta de viviendas accesibles sigue siendo un problema significativo (Charpentier, & Aboiron, 2001). Esta situación sugiere una insuficiencia en la implementación de regulaciones o en su diseño inicial.

A pesar de los avances en la tecnología y el diseño de interiores, la integración de las características de accesibilidad en las viviendas sigue siendo insuficiente (Espínola, 2016). En el Perú, los sistemas actuales suelen requerir un grado de interacción manual o verbal que puede no ser posible para todas las personas con movilidad reducida.

Las consecuencias de estas brechas son profundas y abarcan un espectro amplio. La ausencia de accesibilidad en las viviendas puede restringir gravemente la habilidad de individuos con movilidad limitada para mantener una vida cotidiana normal, autónoma y digna. Este obstáculo a la accesibilidad puede influir negativamente en su calidad de vida y bienestar, exacerbando el peligro de aislamiento social, trastornos de salud mental y otras adversidades.

Por lo tanto, en este trabajo de tesis presenta el diseño e implementación de un sistema domótico siguiendo lineamientos de certificación leed para asistir personas con movilidad reducida utilizando microcontrolador esp32 y asistente virtual Amazon.

1.1.1. Problema general

- ¿Cómo diseñar e implementar un sistema domótico siguiendo los lineamientos de certificación LEED para aumentar el grado de asistencia a personas con movilidad reducida utilizando microcontrolador ESP32 y el asistente virtual Alexa?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cómo desarrollar un script garantizando la compatibilidad del sistema con tecnologías en el hogar para aumentar el nivel de interoperabilidad de los dispositivos?
- ¿Cómo optimizar el uso de paneles solares para maximizar la generación de energía, siguiendo los lineamientos de certificación LEED?
- ¿Cómo diseñar y configurar la red de interconexión eficiente que utilizará el ESP32 para controlar dispositivos electrónicos que amplificará su capacidad para funcionar tanto de manera simultánea como individual?

1.2. Importancia y justificación del estudio

1.2.1 Importancia del estudio

La importancia del proyecto radica en el uso de un sistema domótico en la mejora de la calidad de vida e independencia de las personas que la habitan, tomando en cuenta el uso consumos adecuado de energía siguiendo lineamientos de certificación LEED que permita tener una vivienda eco-amigable, apoyando en el cuidado del medio ambiente.

1.2.2 Justificación del estudio

a) Justificación Tecnológica

Esta investigación permitirá que los dispositivos conectados se podrán controlar y monitorear de forma remota, permitiendo un uso más eficiente de la energía y una menor demanda en la red eléctrica siguiendo los lineamientos de certificación LEED. Además, la integración con Alexa proporcionará una interfaz de usuario natural e intuitiva, que facilitará su uso incluso para aquellos no familiarizados con la tecnología.

b) Justificación Económica

Los sistemas domóticos aportarán ahorro económico a largo plazo, incrementando la eficiencia energética de la vivienda, lo que se traducirá en menores costos en las

facturas de electricidad. Por otro lado, la implementación de tecnologías como la domótica añadirá valor de mercado a la propiedad. Asimismo, el hecho de incluir tecnología asistencial podría hacer la vivienda más atractiva para un abanico más amplio de posibles inquilinos o compradores, incluyendo a las personas con movilidad reducida. Finalmente, se elegirá un microcontrolador ESP32, que ofrece un rendimiento superior a un bajo costo, para mantener los costos de implementación al mínimo.

c) **Justificación Social**

Este trabajo puede ser desarrollado en cualquier tipo de vivienda a un costo relativamente bajo que mejorará la calidad de vida de las personas y además la convertirá en un ambiente más salubre. Siguiendo los lineamientos de la certificación LEED, también contribuirá a la sostenibilidad ambiental, un aspecto cada vez más crucial en el contexto actual de cambio climático y degradación ambiental, también podría ayudar a aumentar la conciencia y aceptación de las tecnologías de asistencia y los principios de diseño accesible.

1.3. Delimitación del estudio

i. Delimitación temporal:

El desarrollo de la tesis ha sido planificado para culminar antes de la finalización del año 2023.

ii. Delimitación espacial:

El presente trabajo se implementará en la ciudad de Lima, Perú. Sin embargo, tomando en cuenta la variación de parámetros ambientales también puede ser desarrollado en diferentes lugares del país.

iii. Delimitación metodológica:

Este trabajo utilizará una metodología mixta que combina la investigación cuantitativa y cualitativa. La recopilación de datos cuantitativos implica la realización de encuestas y la recopilación de estadísticas. Por otro lado, se realizan entrevistas y grupos de discusión para obtener datos cualitativos.

1.4. Objetivos:

1.4.1. Objetivo General:

- Diseñar e implementar un sistema domótico siguiendo los lineamientos de certificación LEED para aumentar el grado de independencia a personas con movilidad reducida utilizando microcontrolador ESP32 y asistente virtual Alexa Amazon.

1.4.2. Objetivos Específicos:

- Desarrollar un script, garantizando la compatibilidad del sistema con la tecnología utilizada en el hogar y aumentar el nivel de interoperabilidad entre ellos.
- Optimizar el uso de paneles solares para maximizar la generación de energía, siguiendo lineamientos de certificación LEED.
- Diseñar y configurar una red de interconexión eficiente que utilizará el ESP32 para controlar dispositivos electrónicos que amplificará su capacidad para funcionar tanto de manera simultánea como individual.

CAPÍTULO II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Marco Histórico:

En la antigüedad, la movilidad de las personas con discapacidades físicas se facilitaba principalmente mediante la asistencia humana y la utilización de aparatos simples, como muletas y sillas de ruedas manuales (Hernández, 2015). Sin embargo, la falta de adaptaciones físicas adecuadas en los espacios públicos y privados limitaba la vida de las personas con discapacidades.

Figura 01

Avance de la asistencia humana



Nota: Silla De Ruedas, Bastón, Muleta, Caminante Sistema De Medios Del Transporte Auxiliares Médicos Especiales Para La Gente Con Ilustración del Vector - Ilustración de caminar, metal: 108373792. (s/f). Time. Recuperado el 26 de junio de 2023, de <https://es.dreamstime.com/silla-de-ruedas-bastón-muleta-caminante-sistema-medios-del-transporte-auxiliares-médicos-especiales-para-la-gente-con-image108373792>

Con el advenimiento de la revolución industrial en el siglo XIX, surgieron avances tecnológicos que ayudaron a las personas con movilidad reducida. A principios del siglo XX, se presentaron las primeras patentes que incorporan sistemas eléctricos para controlar dispositivos en el hogar (Martín & Araujo, 2021).

La invención del motor eléctrico en la década de 1880 condujo al desarrollo de la primera silla de ruedas motorizada en la década de 1930. (Barragán et al. ,2017). Estas

sillas de ruedas motorizadas marcaron el comienzo de una nueva era de independencia para las personas con discapacidades físicas, a pesar de ser voluminosas y costosas.

Fue en la década de 1960 cuando se dio el primer intento notable de crear un programa informático que pudiera interactuar con las personas de manera similar a la humana, con el programa de chatbot llamado ELIZA, desarrollado por Joseph Weizenbaum en el MIT (Weizenbaum, 1966).

En la década de 1960 y 1970, se desarrolló un movimiento ambiental que culminó en la primera celebración del día de la tierra en 1970 (Dávila et al., 2001). Ese mismo año, comenzó la evolución de la domótica con las primeras soluciones de automatización en el hogar, también conocidas como "casas inteligentes", que integran funciones de seguridad, calefacción, ventilación y aire acondicionado (Kok et al., 2009). Con el auge de los ordenadores personales en la década de 1980, la domótica se desarrolló más rápidamente. Se estableció el protocolo de comunicación X10 para el control remoto de dispositivos eléctricos, sentando las bases para la interoperabilidad en la domótica (Gunge & Yalagi, 2016).

Figura 02

ECHO (Electronic Computing Home Operator) Primer producto domótico del mundo



Nota: HISTORIA de la DOMÓTICA. (2023, June 10). Domótica y Hogar. <https://domoticayhogar.com/historia-de-la-domotica/>

En la década de 1990, se reconoció la necesidad de un enfoque más sostenible y eficiente en la construcción y el diseño de edificios debido a la evidencia del cambio climático y la degradación ambiental (Guacollante, 2018).

Además, con el auge de Internet, la domótica dio un paso gigante hacia adelante, permitiendo un mayor control y flexibilidad, y popularizando el concepto de hogar conectado (Herrera, 2005). Sin embargo, las soluciones de domótica de la época eran caras y requerían una infraestructura de cableado especializada.

Durante la segunda mitad del siglo XX, se promovió una mayor conciencia social y se promulgaron leyes que buscaban fomentar la accesibilidad y la igualdad para las personas con discapacidades (Biel, 2011). Estas leyes, como la Ley de Rehabilitación de 1973 y la Ley de Estadounidenses con Discapacidades de 1990 en los Estados Unidos, exigían que los edificios y servicios públicos fueran accesibles para las personas con discapacidades.

En línea con estos avances, en 1993 se creó la certificación LEED por parte del USGBC (XYZ, lo cual se traduce al español como Consejo de Construcción Verde de Estados Unidos). Su objetivo principal era establecer un sistema de calificación para edificios ecológicos, considerando aspectos sociales, ambientales y económicos (Heinz, 1995).

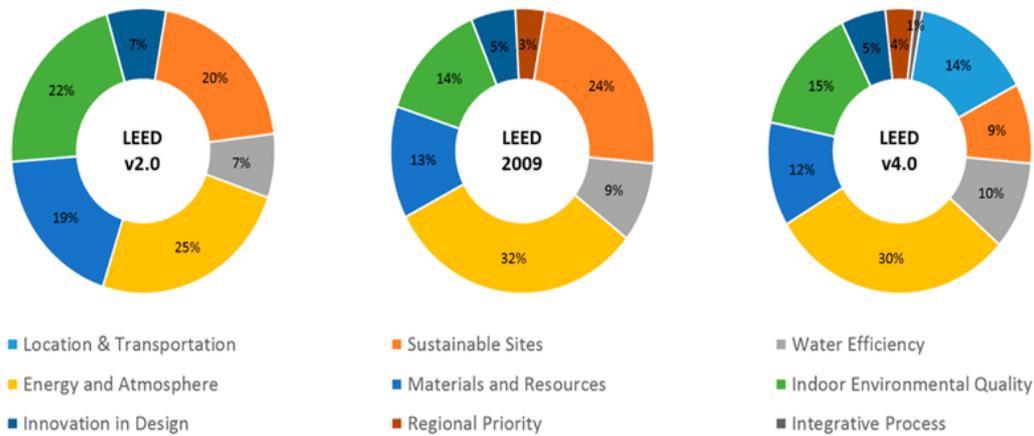
Con el advenimiento de la era digital a finales del siglo XX y principios del XXI, se observó un aumento significativo en las tecnologías de asistencia disponibles para las personas con movilidad reducida. El desarrollo de soluciones de software, como lectores de pantalla y programas de reconocimiento de voz, ha mejorado la interacción con las tecnologías digitales (Cassany, 2000). Además, los avances en robótica e ingeniería biomédica han impulsado el desarrollo de prótesis avanzadas y exoesqueletos, brindando nuevas posibilidades de movilidad (Chávez, 2010).

A medida que LEED evoluciona, se realizaron actualizaciones para reflejar los avances en la comprensión y tecnología de la construcción sostenible. Las versiones 2.0, 2.1 y 2.2 se lanzaron en 2000, 2002 y 2005 respectivamente, adaptándose a los nuevos conocimientos y enfoques (Wu et al., 2017).

LEED continuó evolucionando con el lanzamiento de la versión 3.0 en 2009, que introdujo el sistema de calificación LEED Online y aumentó el enfoque en la eficiencia energética y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (Lee & Burnett, 2008).

Figura 03

Avance de las versiones de Certificación LEED



Nota: Researchgate.net. Retrieved June 26, 2023, from https://www.researchgate.net/figure/Changes-in-LEED-credit-distributions-Panel-a-displays-the-changes-in-the-credits_fig5_272750353

Al mismo tiempo, el auge de la tecnología inalámbrica y el IoT permitió la interconexión de dispositivos y el control remoto en la domótica, haciendo que esta tecnología sea más accesible y asequible para una audiencia más amplia (Domínguez y Vacas, 2006). En las últimas décadas, la tecnología detrás de los asistentes virtuales ha experimentado un desarrollo continuo, con avances significativos en el procesamiento del lenguaje natural y la inteligencia artificial. Sin embargo, fue en la década de 2010 cuando estos asistentes comenzaron a ganar popularidad en el mercado de consumo masivo. Siri, desarrollado por Apple, fue uno de los primeros en llegar al mercado en 2011, seguido de Google Now en 2012 (Prieto, 2016). El lanzamiento de la versión actual de LEED, LEED v4, en 2013, marcó un hito importante en la industria de la construcción sostenible. Este sistema de calificación se centra en áreas clave como la eficiencia del agua, la energía y la atmósfera, los materiales y recursos, y la calidad del ambiente interior (USGBC, 2021). Además, LEED v4 ha ampliado su enfoque para considerar el ciclo de vida completo del edificio, incluyendo la consideración del impacto de los materiales desde la extracción hasta el fin de la vida útil (USGBC, 2021).

Figura 04

El proyecto optará por seguir los lineamientos de cuidado de energía



Nota: Certificación LEED Silver - KPMG Peru. (2020).
<https://kpmg.com/pe/es/home/about/sostenibilidad/reconocimientos/Oficinas%20de%20KPMG%20en%20Perú%20obtuvieron%20la%20certificación%20LEED%20Silver.htm>

En 2014, la compañía Espressif se destacó con el lanzamiento del chip ESP8266, que revolucionó el campo de los dispositivos de Internet de las cosas (IoT). Este chip de bajo costo con capacidad Wifi integrada permitió a los desarrolladores crear dispositivos IoT asequibles y potentes, lo que contribuyó al rápido crecimiento de la adopción y desarrollo de la IoT (Schwartz, 2016). En ese mismo año, Amazon introdujo Alexa junto con su altavoz inteligente Echo. Alexa se ha convertido rápidamente en uno de los asistentes virtuales más populares, en parte debido a su integración con la gama de productos de Amazon y su capacidad para interactuar con una variedad de dispositivos domésticos inteligentes. También ha destacado por su capacidad para aprender y adaptarse al comportamiento del usuario, brindando respuestas y recomendaciones personalizadas (Chung, & Lee, 2017)

Además, Amazon ha proporcionado herramientas de desarrollo que permiten a los desarrolladores crear "skills" o aplicaciones para Alexa, lo que ha impulsado una explosión de nuevas funcionalidades y usos para el asistente virtual (Kumar et al.,2018).

En 2016, Espressif lanzó el ESP32, el sucesor del ESP8266, que mejoró y amplió las capacidades de su predecesor. El ESP32 agregó características como conectividad Bluetooth, mayor capacidad de procesamiento y mejor gestión de energía. Debido a su

equilibrio entre costo, rendimiento y capacidades, el ESP32 también se convirtió en una opción popular para una amplia gama de proyectos IoT (Pereira et al., 2022).

A lo largo de los años, tanto Alexa como el ESP32 han experimentado actualizaciones significativas que han mejorado su funcionalidad y los han mantenido a la vanguardia de la tecnología. Por ejemplo, Amazon lanzó la funcionalidad de "Follow-Up Mode" en 2018, permitiendo a Alexa responder a múltiples solicitudes sin necesidad de repetir el comando de activación (Rajalakshmi & Shahnasser, 2017).

El ESP32 ha encontrado aplicaciones en diversos campos, desde control de iluminación hasta monitoreo de temperatura y humedad. También se ha utilizado en proyectos de domótica y asistencia para personas con movilidad reducida, gracias a su capacidad para interactuar con sensores y actuadores, así como su fácil integración con plataformas de asistentes virtuales como Amazon's Alexa (Khan et al., 2023). Actualmente, la domótica sigue evolucionando rápidamente gracias a las tecnologías de inteligencia artificial y aprendizaje automático. Los asistentes virtuales, como Alexa y Google Home, están llevando la domótica a un nuevo nivel, permitiendo a los usuarios controlar sus hogares con simples comandos de voz (Calvopiña, y Tello, 2020).

Hoy en día, LEED es el sistema de calificación de edificios verdes más ampliamente utilizado en el mundo, con más de 100,000 proyectos certificados en 180 países y territorios (USGBC, 2021). Su enfoque integral y basado en la evidencia continúa impulsando la innovación en la construcción sostenible y eficiente en todo el mundo.

2.2. Investigaciones relacionadas con el tema

2.2.1 Antecedentes Internacionales

Méndez R. (2022), en su tesis titulada "Diseño e Implementación de un Módulo de entrenamiento utilizando el procesador ESP32 para aplicaciones enfocadas a la domótica", presentada a la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, cuyo objetivo es proporcionar a los usuarios una herramienta que les permita adquirir conocimientos y habilidades prácticas en el campo de la domótica. Méndez optó por una metodología basada en el diseño de sistemas electrónicos para permitir a los usuarios aprender y experimentar con diferentes aspectos de la domótica, como el control de dispositivos y la recolección de datos. Al utilizar el procesador ESP32, ampliamente utilizado en aplicaciones de IoT, el módulo busca facilitar la comprensión e implementación de soluciones de domótica, mejorando la comodidad, la seguridad y la eficiencia energética en los hogares y edificios. En conclusión, este proyecto tiene como

enfoque principal el diseño y la implementación de un módulo de entrenamiento que aprovecha el procesador ESP32 para promover el aprendizaje práctico y la adquisición de habilidades en el campo de la domótica.

Novoa G. y Meneses S. (2022), en su artículo “Diseño y construcción de un sistema domótico inteligente a escala automatizado para usos residenciales mediante aplicación móvil”, presentada al Instituto Superior Tecnológico Vida Nueva, con el objetivo de diseñar y construir un sistema que permita a los usuarios controlar y automatizar diversas funciones en su hogar a través de una aplicación móvil. Novoa y Meneses optaron por una metodología basada en la implementación de una escala automatizada, lo que significa que será capaz de gestionar y controlar de manera autónoma varias tareas y dispositivos en el entorno residencial. Esto incluye el control de la iluminación, los electrodomésticos, la seguridad, el clima y otros aspectos del hogar. Además del desarrollo del hardware necesario, como sensores, actuadores y módulos de comunicación, así como el desarrollo del software para la aplicación móvil y la lógica de control del sistema domótico. Además, se prestará atención a los aspectos de seguridad para garantizar la protección de los datos y la privacidad de los usuarios. En conclusión, la tesis se centra en el diseño y la construcción de un sistema domótico inteligente y automatizado para aplicaciones residenciales. El sistema se controlará mediante una aplicación móvil, lo que permitirá a los usuarios controlar y gestionar su hogar de forma remota, mejorando así su experiencia de vida en el hogar.

Agama A., Saa J., Baldeón E. y Bajaña O. (2022), en su artículo “Servidor Web local con Autenticación y Administración de Usuarios basado en ESP32 para Viviendas Inteligentes”, cuyo objetivo es desarrollar un servidor web local que proporciona autenticación y administración de usuarios para viviendas inteligentes utilizando el procesador ESP32. Se optó por una metodología basada en el desarrollo de un servidor web local para brindar a los usuarios un control seguro y gestión de sus sistemas domóticos a través de una interfaz web. El servidor web garantizará la autenticación de usuarios, permitiendo solo el acceso y control a personas autorizadas. Además, implementará un sistema de administración de usuarios para crear cuentas, gestionar permisos y controlar el acceso a las funciones del hogar inteligente. El proyecto se centrará en el diseño e implementación del servidor web utilizando el procesador ESP32, conocido por su conectividad y bajo consumo de energía. También se abordarán aspectos de seguridad para proteger los datos y la privacidad de los usuarios. En conclusión, el proyecto tiene como objetivo desarrollar un servidor web basado en ESP32 que

proporciona autenticación y administración de usuarios para viviendas inteligentes. Esto permitirá un control seguro y personalizado de los dispositivos y funciones del hogar inteligente, asegurando la privacidad y protección de los datos de los usuarios.

Rodríguez A. (2019), en su tesis titulada “Propuesta de diseño de un museo patrimonial cultural con sistema de domótica y certificación leed para la ciudad de Guayaquil”, presentada a la universidad Laica Vicente Rocafuerte Guayaquil, cuyo objetivo es combinar la preservación y exhibición del patrimonio cultural con tecnología avanzada y prácticas sostenibles. Se optó por una metodología basada en el diseño de un museo patrimonial con un sistema de domótica para controlar funciones como iluminación, climatización y seguridad, mejorando la experiencia de los visitantes y reduciendo el consumo de energía. Se busca obtener la certificación LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) para garantizar la eficiencia energética y el uso de materiales sostenibles. La propuesta de diseño considera la distribución de espacios, exhibición de obras, accesibilidad y la integración del museo en el entorno urbano, promoviendo el patrimonio cultural de Guayaquil. En conclusión, la tesis propone el diseño de un museo patrimonial cultural en Guayaquil, que combina tecnología de domótica y prácticas sostenibles con la certificación LEED. El objetivo es ofrecer una experiencia enriquecedora para los visitantes, mientras se preserva el patrimonio cultural y se promueve la eficiencia energética y la sostenibilidad en el diseño y construcción del edificio.

2.2.2 Antecedentes Nacionales:

López J. (2019) en su tesis “Sistema Domótico Para Mejorar El Confort Al Realizar Actividades Para Personas Con Discapacidad De Locomoción Utilizando Tecnología Arduino Y Android”, cuyo objetivo es desarrollar un sistema domótico que utiliza tecnología Arduino y Android para mejorar el confort y facilitar las actividades de las personas con discapacidad de locomoción. López optó por la metodología de un sistema que integra sensores y actuadores controlados por Arduino para automatizar y controlar dispositivos en el entorno del usuario. A través de una aplicación móvil en Android, se ofrece una interfaz accesible para que las personas con discapacidad puedan interactuar y controlar el sistema. El sistema se adapta a las necesidades de las personas con funciones como control de iluminación, temperatura y puertas. Se consideraron aspectos de seguridad, como la detección de emergencias y notificaciones. La combinación de Arduino y Android proporciona una solución asequible, flexible y personalizable. En

conclusión, la tesis demuestra cómo el sistema domótico desarrollado con tecnología Arduino y Android puede mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad de locomoción, proporcionando mayor comodidad y autonomía en sus actividades diarias.

Lladó M. (2020), en su tesis titulada “Sistema de control por voz para un entorno domótico adaptado a personas con discapacidad física utilizando modelos ocultos de Markov”, presentada a la Universidad de Lima, cuyo propósito es desarrollar un sistema de control por voz para un entorno domótico adaptado a personas con discapacidad física, utilizando modelos ocultos de Markov; permitiendo a las personas con discapacidad física controlar y gestionar dispositivos domóticos utilizando comandos de voz. Lladó optó por una metodología basada en desarrollar un sistema utilizando técnicas de reconocimiento de voz basadas en modelos ocultos de Markov para interpretar y entender los comandos de voz emitidos por el usuario. Estos comandos se relacionan con acciones específicas que se deben llevar a cabo en el entorno domótico, como encender o apagar luces, regular la temperatura, abrir o cerrar puertas, entre otros. La adaptación del sistema a las necesidades de las personas con discapacidad física se logra mediante la personalización de los comandos de voz y la interfaz de usuario, teniendo en cuenta las limitaciones y preferencias individuales. Además, se busca garantizar la precisión y confiabilidad del reconocimiento de voz, mejorando continuamente el sistema a través de técnicas de entrenamiento y ajuste de los modelos ocultos de Markov. En conclusión, la tesis propone y desarrolla un sistema de control por voz basado en modelos ocultos de Markov para un entorno domótico adaptado a personas con discapacidad física. El sistema busca brindar una mayor autonomía y facilidad de uso a estas personas, permitiéndoles interactuar y controlar su entorno doméstico de manera intuitiva y eficiente.

Valverde N. (2022), en su tesis titulada “Manual para la optimización de servicios en proyectos de iluminación en sistemas domóticos en residencias de Lima”, presentada en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, cuyo objetivo es mejorar la eficiencia y funcionalidad de los sistemas de iluminación en residencias, utilizando la domótica. Valverde optó por una metodología basada en abordar aspectos clave como el diseño adecuado, selección de luminarias eficientes y el uso de sensores de movimiento para el control automatizado. También se ofrecen pautas para la programación y configuración de los sistemas, considerando las necesidades de los usuarios. Se resaltan prácticas sostenibles como el uso de iluminación LED de bajo consumo y la optimización del uso de la luz natural. El manual es un recurso práctico para profesionales y usuarios interesados en mejorar el confort, la eficiencia energética y la experiencia de los

residentes en residencias de Lima. En conclusión, la tesis demuestra que el manual ofrece soluciones concretas y aplicables para mejorar la eficiencia y funcionalidad de los sistemas de iluminación en residencias de Lima, aprovechando las ventajas de la domótica y promoviendo prácticas sostenibles. Este recurso es una herramienta útil para aquellos que deseen optimizar sus sistemas de iluminación, mejorando así su calidad de vida y contribuyendo a un entorno más sostenible.

2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

2.3.1 Movilidad reducida

Según Mor (2022) los individuos con movilidad reducida son aquellos que presentan un nivel de discapacidad igual o superior al 33% y experimentan dificultades funcionales al moverse de manera autónoma.

Situaciones que pueden resultar en la clasificación directa de Movilidad Reducida.

- Usuario de silla de ruedas.
- Depende absolutamente de dos bastones para deambular.
- El individuo tiene comportamientos agresivos o perturbadores difíciles de manejar debido a deficiencias intelectuales.

Tabla 1

Son 7 puntos para obtener una calificación de Movilidad Reducida

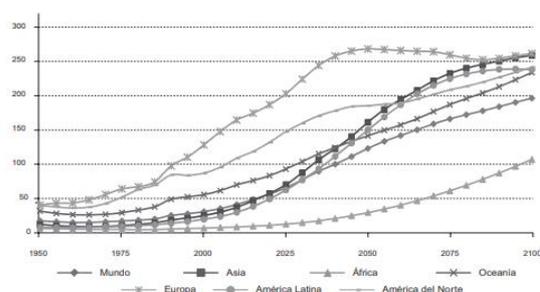
	No tiene dificultad	Limitación leve	Limitación grave	Limitación muy grave
Explorar un terreno nivelado	0	1	2	3
Trasladarse por un terreno con obstáculos	0	1	2	3
Ascender o descender una parte de las escaleras	0	1	2	3
Superar un escalón de 40 cm de altura.	0	1	2	3
Mantener el equilibrio en una plataforma de transporte público.	0	1	2	3

Nota: Elaboración propia

Edad: El envejecimiento es un proceso biológico y fisiológico natural que implica cambios graduales y sistemáticos en el organismo (Ruiz, 2013). Este proceso tiene un impacto significativo en la capacidad motora de las personas. En el transcurso del envejecimiento, la capacidad motora tiende a disminuir debido a varios cambios corporales y fisiológicos.

Figura 05

Regiones del mundo: índice de envejecimiento, 1950-2100



Nota: Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía (CELADE) - División de Población de la CEPAL, revisión de 2011 y Naciones Unidas, World Population Prospects.

De todas las regiones en desarrollo, África se distingue como la más juvenil, poseyendo actualmente apenas 15 adultos mayores por cada 100 jóvenes y manteniendo una tasa de envejecimiento consistentemente inferior a la del resto del mundo.

Por otro lado, Asia y América Latina presentan patrones similares a lo largo del periodo estudiado, aunque Asia siempre exhibe una tasa de envejecimiento superior.

En 2010, en América Latina existían aproximadamente 36 adultos mayores por cada 100 menores de 15 años. De acuerdo a las proyecciones, para mediados de siglo, la región ya habrá superado el índice de 150 adultos mayores por cada 100 jóvenes y se prevé una convergencia con América del Norte a finales de siglo con una tasa de envejecimiento de 240.

Estas estimaciones sugieren que, a mediados del siglo XXI, una considerable porción del mundo en desarrollo podría alcanzar la etapa de envejecimiento poblacional en la que se encuentran actualmente los países desarrollados. Se prevé incluso un cruce demográfico de América del Norte con Asia y América Latina a partir de 2055. Este panorama implica desafíos socioeconómicos significativos y demanda políticas proactivas para adaptarse a esta nueva dinámica demográfica.

Uno de los factores clave que contribuyen al envejecimiento es la sarcopenia, que se refiere a la pérdida de masa muscular con la edad. A medida que los individuos envejecen, experimentan una disminución en la cantidad y la calidad del tejido muscular (Rendón & Osuna, 2018). Esta pérdida de masa muscular puede resultar en una disminución de la fuerza y la resistencia, lo que a su vez puede afectar la capacidad para realizar actividades cotidianas y contribuir a un mayor riesgo de caídas y fracturas.

La densidad ósea también disminuye con la edad, un proceso conocido como osteoporosis. La disminución de la densidad ósea puede hacer que los huesos sean más frágiles y propensos a fracturas. Además, la pérdida de cartílago en las articulaciones, una condición conocida como osteoartritis, puede resultar en dolor y rigidez, lo que puede limitar aún más la movilidad (Jiménez et al., 2009).

Además, el sistema nervioso también experimenta cambios con la edad. Los cambios en el sistema nervioso pueden resultar en una disminución de la coordinación y el equilibrio, lo que puede aumentar el riesgo de caídas (Guerra y Robles, 1995). Las alteraciones en el sistema nervioso también pueden afectar la velocidad de reacción y la precisión de los movimientos, lo que puede afectar la capacidad para realizar tareas complejas o de alta velocidad.

A pesar de estos desafíos, existen varias estrategias para manejar y mitigar el impacto del envejecimiento en la capacidad motora. Estas pueden incluir la actividad física regular, una alimentación saludable y equilibrada, y la fisioterapia y la rehabilitación en caso de lesiones o condiciones crónicas (Varela Pinedo, 2016). A través de estas intervenciones, se puede mejorar la capacidad motora en personas mayores y mejorar su calidad de vida.

Accidentes: Los accidentes pueden provocar lesiones traumáticas que afecten la capacidad motora. Estas lesiones pueden variar desde fracturas óseas hasta lesiones en la médula espinal, que pueden llevar a una discapacidad permanente (Alessandro et al., 2020). Desde una perspectiva médica y de rehabilitación, el impacto de estas lesiones puede ser estudiado y gestionado a través de intervenciones como la fisioterapia y la terapia ocupacional.

Los accidentes y las lesiones pueden tener un impacto significativo en la capacidad motora de un individuo. Dependiendo de la gravedad y la localización de la lesión, los accidentes pueden resultar en una amplia gama de discapacidades motoras.

Las fracturas óseas son un tipo común de lesión que puede resultar en una disminución de la movilidad. Dependiendo de la ubicación de la fractura, la movilidad de un individuo puede verse limitada durante el período de curación. En casos más graves, como las fracturas de cadera, la capacidad de un individuo para caminar puede verse seriamente afectada (Salgado et al., 2022).

Las lesiones de la médula espinal son otro tipo de lesión que puede tener un impacto significativo en la capacidad motora (Tulcán Taramuel, 2023). Dependiendo de la ubicación y la gravedad de la lesión, un individuo puede experimentar desde debilidad muscular hasta parálisis completa.

A pesar de estas dificultades, existen varias intervenciones que pueden ayudar a recuperar y mantener la movilidad después de un accidente. La fisioterapia y la terapia ocupacional pueden ayudar a fortalecer los músculos, mejorar la coordinación y desarrollar estrategias para manejar las tareas cotidianas. En algunos casos, también se pueden utilizar dispositivos asistidos, como muletas, andadores o sillas de ruedas, para ayudar a mejorar la movilidad.

Enfermedades: Las enfermedades y las condiciones médicas pueden tener un impacto significativo en la capacidad motora de un individuo (Aguar García, 2017). Existen numerosas enfermedades que pueden afectar la movilidad, incluyendo enfermedades neurológicas, enfermedades musculoesqueléticas y enfermedades metabólicas.

Las enfermedades neurológicas, como la esclerosis múltiple, la enfermedad de Parkinson y el accidente cerebrovascular, pueden resultar en una variedad de problemas motores (García Ramos, et al. 2016). Estos pueden incluir debilidad muscular, dificultad para coordinar movimientos, temblores y rigidez. Estos síntomas pueden dificultar la realización de tareas cotidianas y pueden requerir el uso de dispositivos asistivos o cuidados especializados.

Las enfermedades musculoesqueléticas, como la artritis reumatoide, pueden resultar en dolor, rigidez e inflamación en las articulaciones. Estos síntomas pueden dificultar la movilidad y pueden requerir tratamiento médico y fisioterapia. (Nemegyei et al., 2005).

Las enfermedades metabólicas, como la diabetes, pueden resultar en una variedad de complicaciones que pueden afectar la movilidad. La neuropatía periférica, una condición común en las personas con diabetes, puede resultar en entumecimiento y dolor en las extremidades, lo que puede dificultar la movilidad (Vela et al., 2009).

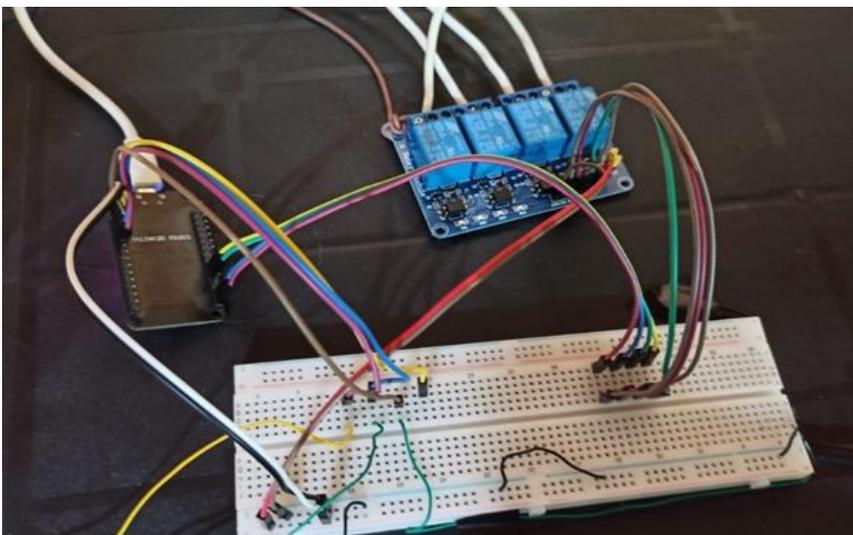
A pesar de estos desafíos, existen tratamientos y estrategias de manejo que pueden ayudar a las personas con enfermedades que afectan su movilidad. Estos pueden incluir medicamentos, fisioterapia, terapia ocupacional, y en algunos casos, cirugía. La atención integral y personalizada puede ayudar a las personas a manejar sus síntomas y a mantener su independencia y calidad de vida.

2.3.2. Domótica

La domótica representa un compendio de servicios integrados para viviendas, que conjuga una serie de funciones interrelacionadas con el propósito de proporcionar un grado superior de eficiencia energética, maximización de la operatividad residencial y una comunicación interna y externa efectiva, todo ello sostenido por robustas medidas de seguridad. Es crucial subrayar que el término "domus", derivado del latín, se traduce al español como "casa". Al fusionarlo con "automática", emerge el concepto de "Domótica" (Moya y Tejedor 2006). Una vivienda inteligente o smart home despliega una extensa gama de aplicaciones en dominios como la automatización residencial, la mejora del confort, la provisión de múltiples alternativas de entretenimiento, la gestión eficiente de la energía, la seguridad holística y las comunicaciones de avanzada. (Junestrand et al., 2004). Domótica y hogar digital. Ediciones Paraninfo, SA. Todo ello, adaptándose meticulosamente a las singularidades y requerimientos particulares de cada hogar o residencia.

Figura 06

Prototipo desarrollado para la implementación de la domótica en el hogar



Nota: Elaboración propia

Cabe mencionar que este avanzado sistema de domótica va más allá de los beneficios inmediatos perceptibles. Se trata de un modelo de vida sostenible, que reduce el consumo de recursos, minimiza la huella de carbono y contribuye a la preservación del medio ambiente. Adicionalmente, esta tecnología puede ser un factor de inclusión, especialmente para personas con movilidad reducida o con alguna discapacidad, pues puede ser configurada para responder a necesidades específicas, favoreciendo una vida autónoma y digna.

Este marco integrado de tecnologías y sistemas se encuentra en constante evolución, dado que la rápida progresión tecnológica y la creciente adopción de la inteligencia artificial y el Internet de las Cosas (IoT) permiten cada vez más funciones y aplicaciones. En consecuencia, las viviendas inteligentes de hoy están en el umbral de una revolución que las llevará a ser aún más eficientes, seguras y cómodas (Troya G., 2015).

Figura 07

Desarrollo de las fases de nuestro sistema domótico para la tesis



Nota: Elaboración propia

La domótica, como concepto, integra tecnología y servicios para mejorar la calidad de vida de las personas y aumentar la eficiencia energética y la seguridad de los hogares (Amaya et al., 2020). La estructura teórica y científica que sustenta el estudio de la domótica se puede dividir en tres partes fundamentales: la tecnología de la información y la comunicación (TIC), el diseño y la implementación de sistemas, y la sostenibilidad y la eficiencia energética.

Según el sitio web El Internet de las Cosas y su aplicación en el hogar. (2022, febrero 23) estos son algunos ejemplos de la utilidad de la domótica en los hogares:

- **Sistemas de Seguridad:** El nivel de protección de una vivienda puede ser incrementado sustancialmente mediante el uso de sistemas de acceso biométrico, cámaras interconectadas y sincronizadas con dispositivos móviles, sistemas de alarma automatizados, transmisión de video en tiempo real, funcionalidades de visión nocturna y opciones de almacenamiento en la nube.
- **Gestión de Información:** Los dispositivos interconectados funcionan como un hub dinámico para el intercambio de información, impulsando un ecosistema de vida único en el hogar inteligente. Aquí, la conectividad es el fundamento principal de la tecnología, permitiendo que los dispositivos reconozcan y se adapten a los hábitos y preferencias del usuario, optimizando así sus rutinas diarias.
- **Teleasistencia:** La interconexión de dispositivos entre médicos y pacientes tiene el potencial de mejorar significativamente la calidad de vida de las personas mayores o aquellos que necesitan asistencia, especialmente aquellos que viven solos.
- **Iluminación:** Con la incorporación del Internet de las Cosas (IoT), es posible programar el encendido y apagado de los sistemas de iluminación, así como la creación de ambientes lumínicos personalizados que ayuden, por ejemplo, a propiciar un mejor descanso nocturno.
- **Gestión de Climatización:** Los termostatos inteligentes permiten un uso más sostenible y eficiente de la energía a través de una combinación de sensores, algoritmos y servicios de computación en la nube. Estos dispositivos aprenden patrones de comportamiento y ajustan la temperatura de manera óptima en cada situación.
- **Monitoreo de Mascotas:** Los propietarios de mascotas también pueden beneficiarse de la tecnología domótica. Es posible mantener a las mascotas localizadas en todo momento mediante un dispositivo que conecta el chip de la mascota con el móvil del propietario, proporcionando alertas de geolocalización y monitoreo de la actividad del animal.

A continuación, se define algunos conceptos relevantes dentro de la domótica:

Tecnología de la Información y la Comunicación (TIC), la domótica está fuertemente basada en las TIC. Estas tecnologías son fundamentales para permitir la conectividad entre diferentes dispositivos y sistemas dentro de un hogar. La capacidad para controlar

y monitorear estos dispositivos de manera remota es una de las principales ventajas de la domótica, y esto se logra a través de las TIC (Arancibia et al., 2020).

Un elemento clave dentro de las TIC aplicado a la domótica es el Internet de las Cosas (IoT). El IoT permite la conectividad de objetos cotidianos a la red, permitiendo que estos interactúen y compartan información. Dentro de un hogar domótico, el IoT puede incluir todo, desde electrodomésticos hasta sistemas de seguridad y calefacción (Pascagaza & Estrada ,2020). Esta conectividad permite el control y monitoreo remoto, así como la automatización de diversas tareas.

La inclusión de asistentes virtuales, como Alexa, en los sistemas domóticos también es una aplicación relevante de las TIC. Los asistentes virtuales permiten un control más intuitivo de los sistemas y dispositivos, utilizando comandos de voz en lugar de interfaces físicas.

Diseño e implementación de sistemas domóticos, implican una consideración cuidadosa de las necesidades y preferencias de los usuarios, así como la integración efectiva de diversas tecnologías.

El diseño de un sistema domótico debe considerar factores como la usabilidad, la accesibilidad y la adaptabilidad (García Tinoco y López, (2019). La usabilidad se refiere a la facilidad con la que los usuarios pueden interactuar con el sistema, mientras que la accesibilidad se refiere a la capacidad del sistema para ser utilizado por personas con diferentes habilidades y limitaciones. La adaptabilidad se refiere a la capacidad del sistema para ajustarse a las necesidades cambiantes de los usuarios.

El diseño también debe considerar la integración de diferentes dispositivos y sistemas. Esto puede implicar la integración de sistemas de iluminación, calefacción, seguridad y entretenimiento, así como la integración de dispositivos como electrodomésticos y asistentes virtuales.

La implementación de un sistema domótico puede implicar la instalación de dispositivos y sistemas, así como la programación de estos para funcionar de manera integrada y automatizada (García Hernández, 2021). Esto puede implicar el uso de tecnologías como el microcontrolador ESP32, que permite la conectividad Wi-Fi y Bluetooth.

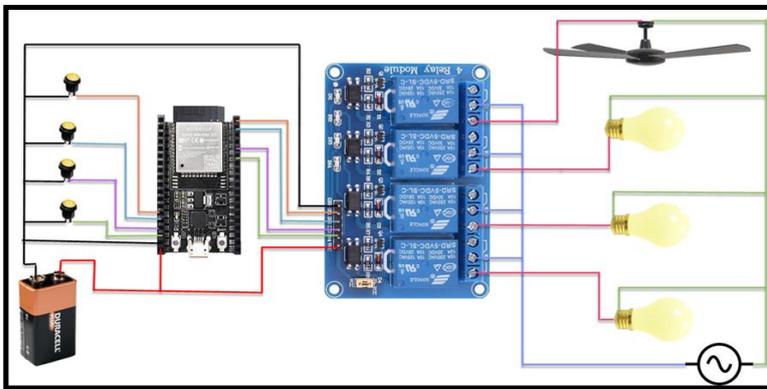
2.3.3. Electrónica

Según Cassany (2017) la electrónica es una rama de la física y la ingeniería que implica el diseño y uso de dispositivos que operan mediante el movimiento y control de los

electrones en semiconductores y otros materiales. La estructura teórica y científica que sustenta el estudio de la electrónica puede dividirse en tres partes esenciales: microcontroladores, actuadores y sistemas de alimentación eléctrica.

Figura 08

Prototipo desarrollado para las pruebas de implementación de la domótica en el hogar.



Nota: elaboración propia

Microcontroladores: Son una parte esencial de la electrónica y de la informática embebida. Son pequeños computadores en un solo chip que incluyen un procesador, memoria y periféricos de entrada/salida. Son el núcleo de muchos dispositivos y sistemas electrónicos modernos, incluyendo sistemas de control automático, juguetes, teléfonos móviles y electrodomésticos (Granados, 2022).

El microcontrolador ESP32, por ejemplo, es un chip de bajo coste con capacidades de procesamiento significativas y conectividad inalámbrica integrada, lo que le hace ideal para aplicaciones de Internet de las Cosas (IoT) (Gomez, et al. 2021). La funcionalidad de un microcontrolador se puede personalizar y extender mediante la programación, lo que permite crear soluciones adaptadas a una amplia gama de aplicaciones.

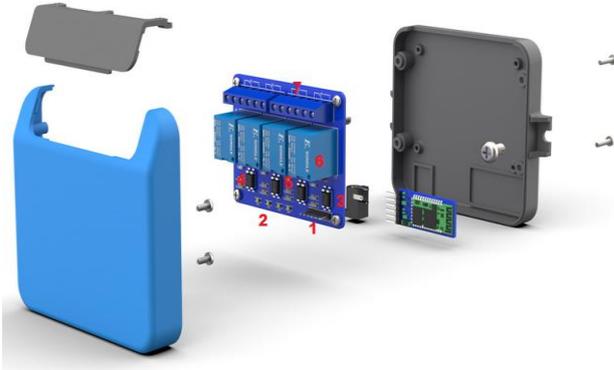
El estudio de los microcontroladores implica aprender sobre arquitectura de computadoras, programación, y diseño de circuitos electrónicos. También requiere entender cómo interactuar con diversos periféricos y cómo implementar la comunicación entre dispositivos.

Actuadores: Los actuadores son dispositivos que convierten señales eléctricas en acción física. Son una parte esencial de cualquier sistema que interactúa con el mundo físico (Gutierrez e Iturralde, 2017). Los tipos comunes de actuadores incluyen motores

eléctricos, solenoides, cada uno de los cuales se utiliza en diferentes aplicaciones dependiendo de sus características.

Figura 09

Partes del módulo relé y su protector



Nota: Imagen extraída de Free CAD designs, files & 3D models. (s/f).

Por ejemplo, en un sistema de domótica, los actuadores podrían usarse para mover cortinas, ajustar la iluminación, o manipular otros dispositivos en el hogar. Los actuadores también son una parte esencial de muchos dispositivos asistenciales, como sillas de ruedas eléctricas y prótesis robóticas.

Tabla 2

Descripción de la figura 5

Ítem	Descripción
1	La placa tiene un conector de entradas (IN1 a IN4) Alimentación (GND es masa o negativo y Vcc es el positivo)
2	Cuatro leds que indican el estado de las entradas
3	Un jumper selector para la alimentación de los relés
4	Cuatro optoacopladores del tipo FL817C
5	Cuatro diodos de protección
6	Cuatro relés de marca SONGLE con bobinas de 5V Contactos capaces de controlar 10 Amperes en una tensión de 250V
7	Cuatro borneras, con tres contactos cada una (Común, Normal abierto y Normal cerrado), para las salidas de los relés

Nota: Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía (CELADE) - División de Población de la CEPAL, revisión de 2011 y Naciones Unidas, World Population Prospects.

El estudio de los actuadores implica aprender sobre electromagnetismo, mecánica, y control de sistemas (Zapata, 2011). También requiere una comprensión de cómo interpretar y generar las señales eléctricas que controlan estos dispositivos.

Sistemas de Alimentación Eléctrica: Los sistemas de alimentación eléctrica son una parte crucial de cualquier dispositivo o sistema electrónico. Proporcionan la energía necesaria para que funcionen los microcontroladores, actuadores, y otros componentes. En un sistema domótico, por ejemplo, los sistemas de alimentación eléctrica podrían incluir la red eléctrica de la casa, baterías, y posiblemente fuentes de energía renovable como paneles solares.

El estudio de los sistemas de alimentación eléctrica implica aprender sobre los principios de la generación, transmisión, y distribución de energía eléctrica (Gomez et al., 2012). También requiere entender cómo diseñar y utilizar diferentes tipos de fuentes de alimentación, incluyendo convertidores de voltaje, reguladores de voltaje, y baterías.

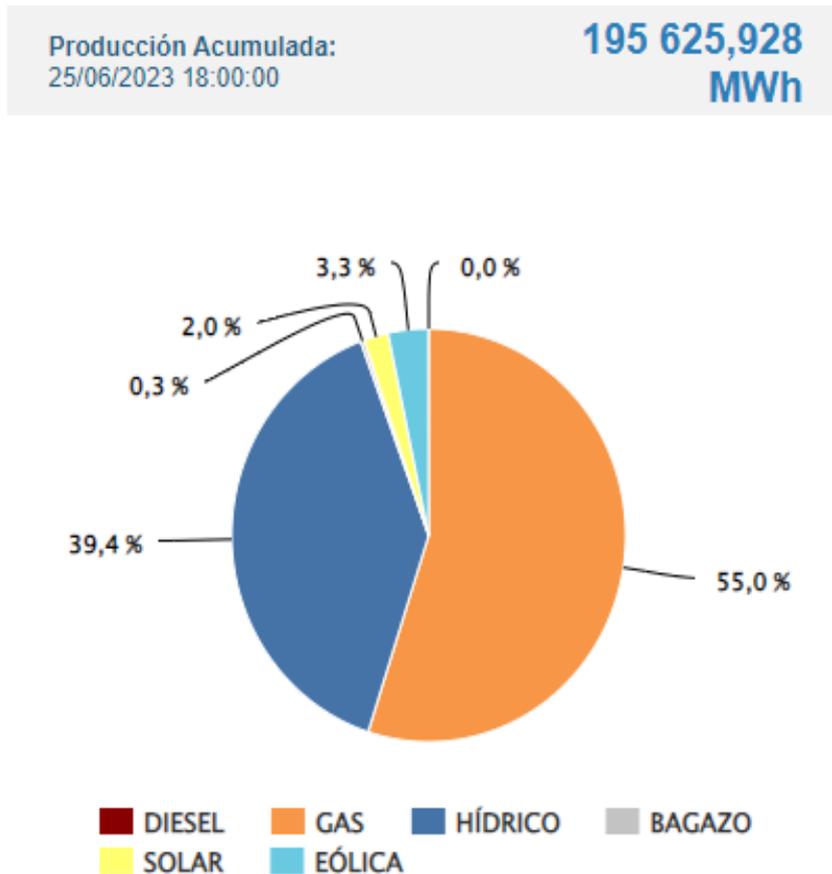
2.3.4. Energías alternativas limpias

Según Fernandez (2005) la energía alternativa se refiere a las formas de energía que son diferentes a las fuentes convencionales basadas en combustibles fósiles y que tienen un impacto ambiental mínimo. Este campo ha experimentado un crecimiento significativo en las últimas décadas, impulsado por la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y combatir el cambio climático. Dos formas destacadas de energía alternativa son la energía fotovoltaica y la energía eólica.

Energía Fotovoltaica: La energía fotovoltaica es una forma de energía que se genera a través de la conversión directa de la luz solar en electricidad. Esta conversión se realiza utilizando dispositivos conocidos como celdas solares, que están contruidos a partir de materiales semiconductores como el silicio (Valdiviezo, 2014).

Figura 10

Producción de energía en el Perú



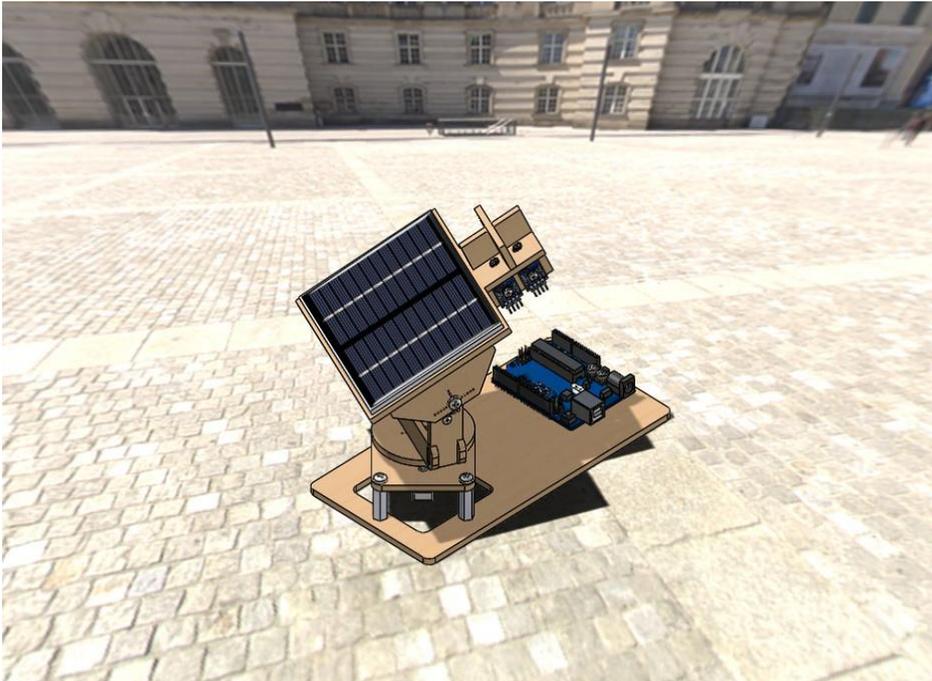
Nota: inac, C. (s/f). ::Portal Web del COES:: Org.pe. Recuperado el 25 de junio de 2023, de <https://www.coes.org.pe/portal/>

La estructura teórica y científica que sustenta el estudio de la energía fotovoltaica se basa en los principios de la física del estado sólido y la óptica. Cuando la luz solar incide en una celda solar, los fotones de la luz pueden ser absorbidos por los átomos del material semiconductor. Este proceso puede excitar los electrones en el átomo, haciendo que se mueven y generen una corriente eléctrica.

Uno de los principales desafíos en el estudio de la energía fotovoltaica es aumentar la eficiencia de conversión de las celdas solares (Hernandez, 2007). La eficiencia se refiere a la proporción de energía solar que se convierte en electricidad, y actualmente las celdas solares comerciales tienen eficiencias del orden del 15% al 20%. Sin embargo, la investigación en nuevos materiales y diseños de celdas solares promete aumentar estas eficiencias en el futuro.

Figura 11

Diseño y simulación del panel solar inteligente



Nota: Imagen extraída de Free CAD designs, files & 3D models. (s/f-b). Grabcad.com. Recuperado el 30 de septiembre de 2023.

Otro desafío importante en el estudio de la energía fotovoltaica es el almacenamiento y la distribución de la electricidad generada. Dado que la generación de energía solar es intermitente (depende de la luz solar), se requieren sistemas de almacenamiento de energía eficientes y económicos. Además, se necesitan infraestructuras de red adecuadas para distribuir la electricidad generada a los usuarios (Labajo,2020).

2.3.5. Asistentes virtuales

Según Fernandez (2021), los asistentes virtuales, también conocidos como asistentes inteligentes o asistentes de voz, son sistemas de software diseñados para realizar tareas y servicios para un individuo en función de los comandos o preguntas. Los asistentes virtuales como Alexa de Amazon han transformado nuestra interacción con la tecnología en los últimos años. La estructura teórica y científica que sustenta el estudio de los asistentes virtuales se puede dividir en tres partes fundamentales: la tecnología de procesamiento del lenguaje natural (NLP), la interacción humano-computadora (HCI) y la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático.

Procesamiento del Lenguaje Natural (conocida técnicamente como NLP), el procesamiento del lenguaje natural es la base de cómo los asistentes virtuales como Alexa interpretan y responden a las instrucciones habladas. La NLP es una disciplina que combina la lingüística y la informática para permitir a las máquinas entender, interpretar y generar lenguaje humano de manera efectiva (Carpio y Guaman, 2019).

En el caso de Alexa, la NLP es utilizada para entender y procesar las instrucciones habladas de los usuarios. Cuando un usuario da una instrucción a Alexa, este asistente utiliza la NLP para desglosar la instrucción en partes manejables, determinar la intención del usuario y luego generar una respuesta apropiada (Moreira et al., 2021).

La NLP también es utilizada para mejorar la capacidad de Alexa para entender acentos y dialectos diferentes, lo que permite a los usuarios interactuar con el asistente de manera más natural y efectiva.

Interacción Humano-Computadora (igualmente HCI): La HCI es otra área fundamental en el estudio de los asistentes virtuales. Esta disciplina se enfoca en el diseño y la implementación de sistemas informáticos que sean útiles, usables y que satisfagan las necesidades de los usuarios (Veloz, 2016).

Alexa, como asistente virtual, es un ejemplo de HCI en acción. El objetivo principal de Alexa es proporcionar una interfaz de usuario que sea fácil de usar e intuitiva. La capacidad de Alexa para entender y responder a las instrucciones habladas es un ejemplo de cómo la HCI se puede utilizar para hacer que la tecnología sea más accesible y fácil de usar (Cortes et al. 2022).

Además, la HCI también se aplica al diseño de los dispositivos Echo de Amazon, que son los dispositivos a través de los cuales los usuarios interactúan con Alexa. Estos dispositivos están diseñados para ser estéticamente agradables y fáciles de usar, lo que también es un aspecto clave de la HCI.

Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático: La inteligencia artificial y el aprendizaje automático son tecnologías clave que impulsan la funcionalidad de los asistentes virtuales como Alexa (Smarandache y Leyva, 2018).

La IA es utilizada en Alexa para realizar tareas como el procesamiento del lenguaje natural, la comprensión del habla, la generación de habla y la gestión de las conversaciones. La IA permite a Alexa entender y responder a las instrucciones de los

usuarios, así como aprender de las interacciones anteriores para mejorar su rendimiento (Barlet, 2021).

El aprendizaje automático, por otro lado, es una técnica de IA que permite a Alexa aprender y mejorar con el tiempo. Alexa utiliza el aprendizaje automático para adaptarse a las preferencias de los usuarios, aprender nuevos comandos e incluso predecir las necesidades de los usuarios basándose en los patrones de uso.

2.3.6 Plataformas IoT (*Internet of Things*)

a) Hardware

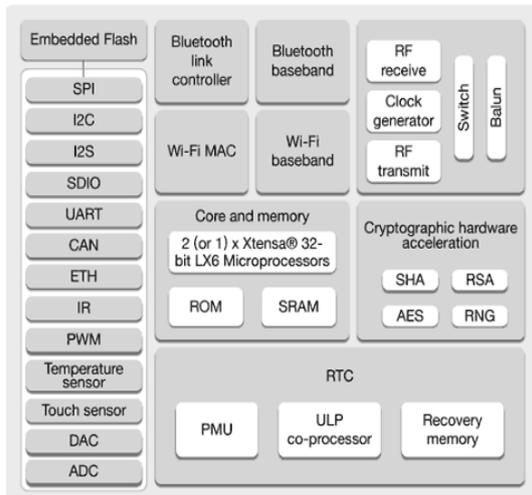
Para implementar y poner en funcionamiento proyectos basados en el Internet de las Cosas (IoT), existen diversas plataformas de hardware principales disponibles que son económicas, de fácil manejo y de amplia disponibilidad en el mercado. Entre estas opciones, destaca la reconocida placa electrónica ESP32, que permitirá la conexión con el asistente inteligente Alexa Amazon.

ESP32 es un microcontrolador altamente eficiente y asequible diseñado especialmente para aplicaciones de Internet de las cosas (IoT). Esta placa electrónica cuenta con un procesador de doble núcleo, conectividad Wi-Fi y Bluetooth, así como una amplia variedad de periféricos e interfaces. Su amplio uso en proyectos de IoT se debe a su capacidad para conectarse a redes inalámbricas, su flexibilidad y su facilidad de implementación. La programación del ESP32 se realiza a través del entorno de desarrollo de Arduino, lo que facilita su adopción por parte de los desarrolladores. Además, ofrece un extenso respaldo en forma de bibliotecas y recursos en línea, lo que lo convierte en una opción muy accesible para los usuarios (Velasco Pérez M., Hernández Morales J. y Rivera Pineda, O., 2022)

El ESP32 es un chip desarrollado por la empresa china Espressif y fabricado por TSMC. Es un SoC (System on Chip) que combina en una sola unidad un potente procesador de doble núcleo Tensilica Xtensa de 32 bits a 160 MHz (con la capacidad de llegar hasta 240 MHz), así como conectividad integrada WiFi y Bluetooth (Maraza J., 2021).

Figura 12

Estructura SOC ESP32



Nota: Wi-Fi & Bluetooth MCUs and AIoT solutions I espressif systems. (n.d.). Espressif.com. Retrieved June 26, 2023, from <https://www.espressif.com/>

El ESP32 presenta numerosas mejoras y características adicionales en comparación con el ESP8266. Estas incluyen un aumento significativo en la potencia de procesamiento, soporte para Bluetooth 4.0, capacidad de encriptación por hardware, integración de sensores como temperatura, sensor hall y táctil, incorporación de un reloj de tiempo real RTC, así como una mayor cantidad de puertos y buses disponibles, entre otras funcionalidades.

Figura 13

PinOut ESP32



Nota: Wi-Fi & Bluetooth MCUs and AIoT solutions I espressif systems. (n.d.). Espressif.com. Retrieved June 26, 2023, from <https://www.espressif.com/>

b) Software

Arduino IDE 2.1.0

En el año 2005, Arduino surgió como un proyecto estudiantil en Italia con el objetivo de proporcionar una opción más económica al microcontrolador BASIC Stamp utilizado por los estudiantes. Massimo Banzi, uno de los fundadores de Arduino, enseñaba en el instituto durante ese tiempo. La tesis de Hernando Barragán, titulada "Arduino-L' hardware dell'open rivoluzione" ("Arduino: La Revolución del Hardware Abierto"), desempeñó un papel fundamental en el diseño de la placa Arduino. A pesar de su enfoque poco convencional, Arduino tuvo un impacto impresionante en el campo de la electrónica. El equipo de cinco programadores logró desarrollar una plataforma de cableado más liviana, accesible y enfocada en la comunidad de código abierto. Desde 2005, la comunidad global de Arduino ha experimentado un crecimiento constante y se espera que esta tendencia continúe. La plataforma se utiliza ampliamente en diversos ámbitos, incluyendo el desarrollo de programas en un entorno de acceso libre.

2.4 Definición de términos básicos:

- **Asistente Alexa:** Es un asistente virtual inteligente desarrollado por Amazon. Con Alexa, los usuarios pueden realizar una variedad de tareas simplemente hablando. Alexa utiliza tecnología de procesamiento de lenguaje natural para entender y responder a las solicitudes de los usuarios. A través de la integración con otros dispositivos y servicios, Alexa puede realizar tareas como controlar la iluminación de su hogar, reproducir música, proporcionar información del tiempo y mucho más.
- **Certificación LEED (Leadership in Energy and Environmental Design):** Es un sistema de clasificación reconocido internacionalmente para edificios sostenibles. Los edificios pueden ganar puntos para lograr diferentes niveles de certificación LEED según su eficiencia energética, uso de materiales sostenibles, diseño innovador, calidad del aire interior, y varios otros factores.
- **Domótica:** La domótica se refiere al uso de la tecnología para mejorar la comodidad, la seguridad y la eficiencia en el hogar. Esto puede incluir el control automatizado de luces, electrodomésticos, sistemas de calefacción y refrigeración, sistemas de seguridad, y más.
- **ESP32:** Es un chip producido por Espressif Systems que combina un microcontrolador de alto rendimiento con conectividad Wi-Fi y Bluetooth. Además, el ESP32 proporciona una gran cantidad de GPIOs (General Purpose Input Output), así como capacidades de

sensor y actuación, lo que lo hace ideal para una amplia gama de aplicaciones de Internet de las cosas (IoT), desde el control de electrodomésticos hasta la supervisión ambiental.

- IoT (Internet de las cosas): Es un término que describe la creciente red de dispositivos físicos que cuentan con una dirección IP para conectividad a Internet, y la comunicación que ocurre entre estos dispositivos y otros sistemas basados en Internet. Los objetos, equipados con sensores, pueden recopilar y enviar datos a la nube para ser analizados para eficiencia, seguridad y conveniencia.
- Microcontrolador: Es esencialmente un pequeño computador en un solo circuito integrado. Contiene una CPU (unidad central de procesamiento) para ejecutar instrucciones, memoria para almacenar datos y programas, y periféricos de entrada/salida para interactuar con otros dispositivos o sistemas. Los microcontroladores son utilizados en una amplia gama de productos y aplicaciones, desde electrodomésticos hasta vehículos y sistemas industriales.
- Paneles Solares: Los paneles solares son dispositivos diseñados para convertir la luz del sol en electricidad. Contienen células solares que capturan la energía de la luz solar y la convierten en electricidad. Los paneles solares se utilizan para proporcionar energía sostenible para una variedad de aplicaciones, desde hogares y empresas hasta equipos remotos y satélites.
- Persona con Movilidad Reducida: Este término se refiere a personas que encuentran dificultades para moverse debido a una variedad de condiciones, incluyendo, pero no limitado a, discapacidades físicas, edad avanzada, enfermedades crónicas o temporales, lesiones y embarazo.

2.5. Hipótesis:

2.5.1. Hipótesis General:

- El diseño y la implementación de un sistema domótico siguiendo lineamientos de certificación LEED aumentará el grado de independencia a personas con movilidad reducida utilizando microcontrolador esp32 y asistente virtual Amazon

2.5.2. Hipótesis Específicos:

- El desarrollo del script garantizará la compatibilidad del sistema con la tecnología usada y aumentará el nivel de interoperabilidad entre ellos.

- La optimización el uso de paneles solares se podrá maximizar la generación de energía, siguiendo los lineamientos de certificación LEED.
- El diseño y configuración de una red de interconexión eficiente que utiliza el ESP32 para controlar dispositivos electrónicos amplificará su capacidad para funcionar tanto de manera simultánea como individual.

2.6. Metodología del estudio

2.6.1. Tipo y método de investigación

El presente trabajo desarrolla una investigación del tipo de enfoque ingenieril el cual busca de diseñar e implementar un sistema domótico siguiendo lineamiento de la certificación LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) para personas con movilidad reducida por medio de microcontroladores ESP32 y asistente inteligente Alexa Amazon.

Este proyecto está dividido en las siguientes fases de diseño:

Fase 1: Diseño del Sistema Domótico

- Análisis de las variables
- Análisis de la arquitectura de control
- Seleccionar los componentes

Fase 2: Diseño del sistema Eléctrico

- Analizar el transcurso del proceso más eficiente

Fase 3: Diseño del sistema Electrónico

- Simular los sensores y actuadores

Fase 4: Diseño del sistema de control

- Diseñar un algoritmo de control con el que se pueda optimizar el uso de los recursos que se brinda al usuario

En la figura 3 se muestra las fases de desarrollo que se seguirá en el presente trabajo de tesis (diagrama de flujo)

2.6.2 Población de estudio

La población de estudio estará constituida por una muestra representativa de personas con movilidad reducida que residen en la ciudad de Lima, Perú.

2.6.3. Diseño muestral

Se empleará un muestreo no probabilístico de conveniencia para seleccionar a los participantes. Se buscará una muestra diversa en términos de edad, género, y tipo de movilidad reducida para obtener una perspectiva amplia.

2.6.4. Relación entre variables

a) Variable Dependiente

El nivel de asistencia proporcionado a las personas con movilidad reducida que harán uso del sistema. Para lo cual se utilizarán algunos indicadores, tales como; la facilidad con la que estas personas pueden realizar tareas diarias con la ayuda del sistema, la cantidad de tiempo que ahorran y su nivel de satisfacción con el sistema.

b) Variable Independiente

Desarrollo del sistema domótico. La cual estará directamente relacionado con la eficiencia en la gestión de tareas del hogar, la optimización del consumo energético, la mejora de la accesibilidad y la calidad de vida de las personas con movilidad reducida, todo ello guiado por los lineamientos de la certificación LEED.

2.6.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos cuantitativos se utilizarán encuestas cerradas que medirán aspectos como el consumo energético del hogar, el costo de la implementación del sistema domótico como de los dispositivos, la autonomía y accesibilidad percibida por los usuarios.

Para los datos cualitativos, se realizarán entrevistas semiestructuradas y grupos de discusión para explorar en profundidad tanto las limitaciones del proyecto, buscando así un método para hacer el uso de lineamientos de Certificación LEED sin desmedirse del presupuesto propuesto, además de buscar las experiencias y opiniones de los participantes.

2.6.6. Procedimientos para la recolección de datos

Se realizará visita a la vivienda del participante para la recogida de datos. Las encuestas se administrarán en persona, y las entrevistas y grupos de discusión también se llevarán a cabo en persona, si las condiciones lo permiten, o por videoconferencia.

2.6.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos cuantitativos serán procesados y analizados utilizando software de estadística como Python, para realizar análisis descriptivo e inferencial.

Los datos cualitativos serán transcritos y codificados. Se utilizará un enfoque de análisis temático para identificar patrones y temas en los datos. Este análisis se puede hacer a mano o con la ayuda de software de análisis cualitativo como Python.

CAPÍTULO III: DISEÑO, SIMULACIÓN E IMPLEMENTACIÓN

En el presente capítulo, se describe el diseño del sistema domótico para el uso de personas con movilidad reducida, haciendo uso de un microcontrolador ESP32 y de asistentes inteligentes, así como la implementación de paneles solares y motores para un mayor control y comodidad del hogar.

3.1. Optimización Energética

3.1.1. Fuentes de Energía y Eficiencia

La eficiencia energética es un principio que busca maximizar el rendimiento de las fuentes de energía al tiempo que minimiza su impacto ambiental y económico. Con el crecimiento acelerado de la demanda energética global, se han impulsado avances tecnológicos y metodológicos para optimizar la explotación y uso de diversas fuentes energéticas (Smith et al., 2015).

a) Fuentes Convencionales vs. Renovables:

La matriz energética mundial ha estado tradicionalmente dominada por fuentes convencionales, como petróleo, gas y carbón. Estas fuentes, aunque abundantes y económicamente viables en el pasado, tienen limitaciones en términos de sostenibilidad y emisiones de carbono (Moreno et al., 2020). Por el contrario, las fuentes renovables, como la solar, eólica y geotérmica, prometen un futuro más limpio y sostenible, aunque enfrentan desafíos en términos de costos iniciales y almacenamiento de energía (Lopez & Santos, 2021).

b) Eficiencia en la Conversión:

Cada fuente de energía tiene una eficiencia intrínseca en la conversión de energía primaria a energía utilizable. Por ejemplo, las plantas de carbón convierten solo una fracción del potencial energético del carbón en electricidad, mientras que las turbinas eólicas convierten una mayor proporción de la energía del viento en energía eléctrica (Fernandez & Ruiz, 2018).

c) Impacto en la Red Eléctrica:

La integración de fuentes renovables, en particular las intermitentes como solar y eólica, plantea desafíos en términos de estabilidad y confiabilidad de la red eléctrica. Las

soluciones incluyen el desarrollo de baterías de almacenamiento y redes inteligentes que pueden equilibrar y distribuir eficientemente la carga energética (Navarro & Pena, 2019).

d) Eficiencia Energética en el Uso Final:

Más allá de la fuente y generación, la eficiencia en el uso final es crucial. Los edificios, vehículos y electrodomésticos eficientes pueden reducir significativamente la demanda energética, disminuyendo así la presión sobre las fuentes de energía y reduciendo las emisiones de carbono (Ortega & Vazquez, 2017).

e) Consideraciones Socioeconómicas:

La transición hacia fuentes de energía más eficientes y limpias también tiene implicaciones socioeconómicas. Los empleos en industrias energéticas tradicionales pueden verse amenazados, mientras que surgen nuevas oportunidades en sectores renovables. La formación y reconversión profesional son esenciales para gestionar esta transición (Castro & Mendoza, 2020).

3.1.2. Eficiencia de Conversión:

Este es un subconjunto de la eficiencia y se refiere específicamente a la eficacia con la que una forma de energía se convierte en otra. Es muy común en sistemas energéticos, como generadores eléctricos, paneles solares o motores. La eficiencia de conversión se refiere a la proporción de la energía entrante que se convierte en la forma deseada de energía saliente, en relación con la cantidad que se pierde en otras formas (generalmente como calor debido a la resistencia, fricción, o ineficiencias en el proceso de conversión).

Fórmula para eficiencia de conversión en sistemas energéticos:

Eficiencia de Conversión = (Energía útil de salida / Energía total entrada) x 100%

$$\text{Eficacia de Conversión} = \frac{\text{Energía útil de salida}}{\text{Energía total de salida}} \times 100\% \quad (1)$$

Ejemplo: Imagina una célula solar que recibe 100 watts de energía solar y produce 20 watts de energía eléctrica. Como vemos en la ecuación 1 La eficiencia de conversión de

esa célula solar sería del 20%, ya que sólo convierte el 20% de la energía solar que recibe en energía eléctrica.

Tabla 3

Comparación de Diversas Fuentes de Energía en términos de Eficiencia, Impacto Ambiental e Impacto Socioeconómico.

Fuente de Energía	Eficiencia de Conversión (%)	Impacto Ambiental	Impacto Socioeconómico
Solar	23%	Bajo	Bajo - Medio
Eólica	59%	Bajo	Medio - Alto
Hidroeléctrica	85%	Medio	Alto
Nuclear	91%	Alto	Muy Alto
Carbón	49%	Muy alto	Bajo - Medio

Nota: Los valores de eficiencia e impacto son aproximados y pueden variar según la tecnología y localización (Johnson, 2017).

La energía solar y eólica, denominadas energías limpias, se destacan por su bajo impacto ambiental, pero aún enfrentan retos en términos de eficiencia y almacenamiento (García et al., 2018). En contraste, fuentes como el carbón presentan eficiencias relativamente bajas y un alto impacto ambiental, impulsando la búsqueda de alternativas más limpias y eficientes (Brown, 2016).

La implementación de sistemas domóticos en el hogar puede contribuir significativamente a la eficiencia energética, aprovechando de forma óptima las fuentes de energía disponibles y reduciendo el consumo y desperdicio (Martinez & Li, 2019).

3.2 Análisis Teórico vs Experimental de Rendimiento Energético

3.2.1. Análisis Teórico:

El rendimiento teórico se basa en modelos matemáticos y simulaciones que consideran condiciones ideales.

Factores considerados en el análisis teórico:

- Radiación solar estándar (1.000 W/m²).

- Temperatura de 25°C.
- Absorción máxima de la luz solar por el material del panel.
- Ausencia de pérdidas por sombreado, suciedad u otros factores ambientales.

Limitaciones:

- No considera variaciones reales en las condiciones climáticas.
- No tiene en cuenta el envejecimiento o degradación del material del panel con el tiempo.
- Puede no incluir pérdidas debido a componentes reales del sistema, como inversores y controladores.

3.2.2. Análisis Experimental:

El rendimiento experimental se basa en datos recopilados de pruebas reales de paneles solares en condiciones reales de operación.

Factores considerados en el análisis experimental:

- Radiación solar real medida en el sitio de instalación.
- Variaciones de temperatura y condiciones climáticas.
- Pérdidas por sombreado, polvo, lluvia y otros factores ambientales.
- Envejecimiento y degradación del material del panel.

Limitaciones:

- Las mediciones pueden verse afectadas por errores instrumentales o humanos.
- Las condiciones pueden variar de un día a otro, lo que puede dificultar la obtención de un promedio representativo.

Medición:

- Para la temperatura utilizamos una pistola de temperatura
- Para la Radiación Solar Real utilizamos un piranómetro

Tabla 4*Valores capturados el día 16/09/2023*

Hora	Radiación Solar Real (W/m²)	Temperatura del Panel (°C)
6 a.m.	200	20.1
7 a.m.	300	22.4
8 a.m.	500	24.9
9 a.m.	650	28.3
10 a.m.	800	29.7
11 a.m.	900	30.5
12 p.m.	950	32.1
1 p.m.	900	33.6
2 p.m.	850	32.7
3 p.m.	750	30.2
4 p.m.	650	27.4
5 p.m.	500	25.9
6 p.m.	300	23.4

Nota: Los valores de Radiación Solar Real y Temperatura del Panel pueden variar según la tecnología y localización.

a. Radiación solar real:

La radiación solar en una ubicación específica y hora del día no siempre es de 1 000 W/m² (que es el estándar). Al momento de la medición, la radiación solar real es de 850 W/m².

$$Radiacion\ solar = 850\ W/m^2$$

b. Temperatura del panel:

La eficiencia de los paneles solares disminuye a medida que aumenta su temperatura. Por ejemplo, si un panel tiene un coeficiente de temperatura de -0.4%/°C y su temperatura es de 32.7°C durante la medición (17.7°C por encima de la temperatura estándar de 25°C), su eficiencia se reducirá:

$$Reducción\ de\ eficiencia = 17.7^\circ C \times (-0.4\% / ^\circ C) = -7.08\% \quad (2)$$

Reemplazando en la ecuación 2, si su eficiencia teórica es del 20%, entonces bajo esta temperatura, será:

$$20\% - 7.08\% = 12.92\% \quad (3)$$

c. Otras pérdidas:

Factores como el sombreado, la suciedad y la degradación del panel pueden reducir su rendimiento. Supongamos que estos factores contribuyen a una pérdida del 10% en el rendimiento.

Considerando todas estas variables, calculemos la potencia experimental:

$$P_{exp} = A_p * R_s * E_t * (1 - P_f) \quad (4)$$

Donde:

P_{exp} = Potencia experimental

A_p = Área del panel

R_s = Radicación solar

E_t = Eficiencia ajustada por temperatura

P_f = pérdida por otros factores

Reemplazando valores en la ecuación 4

$$Potencia\ experimental = 2m^2 \times 850W / m^2 \times 12.92\% \times 90\%$$

$$Potencia\ experimental = 197.676\ W$$

Comparativa:

A menudo, el rendimiento teórico tiende a ser más alto que el experimental porque las condiciones ideales raramente se presentan en la realidad.

Las mediciones experimentales proporcionan una imagen más realista del rendimiento del panel solar en un lugar y momento específicos.

Las desviaciones entre los valores teóricos y experimentales pueden proporcionar información valiosa para mejorar el diseño y la operación de los sistemas solares.

3.3. Evaluación de Paneles Solares

3.3.1. Contrastando Paneles Simples e Inteligentes

Los avances tecnológicos han llevado al desarrollo de paneles solares inteligentes que ofrecen ventajas significativas sobre los paneles tradicionales o simples (Smith, 2020). Estos paneles modernos están diseñados para superar los desafíos comunes de los sistemas fotovoltaicos, como la variabilidad en la producción de energía debido a factores ambientales (Johnson et al., 2019).

Paneles Simples: Los paneles solares simples, también conocidos como paneles solares tradicionales, han sido la base de la tecnología solar durante décadas (Torres, 2018). Estos paneles convierten la radiación solar en electricidad, generalmente a través de celdas de silicio (Diaz & Rodriguez, 2017). Aunque son eficientes y confiables, su capacidad es estática, y su eficiencia depende en gran medida del ángulo y la intensidad del sol (Perez, 2019).

Paneles Inteligentes: Por otro lado, los paneles inteligentes representan una evolución en la tecnología fotovoltaica. No solo convierten la radiación solar en electricidad, sino que también integran tecnologías avanzadas que pueden incluir seguimiento solar, lo que permite al panel orientarse automáticamente para capturar la máxima luz solar (Garcia et al., 2020). Además, incorporan sistemas de optimización de la generación de energía y capacidades de comunicación para integrarse con sistemas domóticos o de gestión energética (Ramirez, 2021). Estas características garantizan una producción de energía más constante y eficiente, incluso en condiciones subóptimas (Fernandez & Lopez, 2022).

Con el crecimiento de las ciudades inteligentes y la necesidad de una gestión energética más eficiente, se espera que la demanda de paneles inteligentes siga aumentando (Nguyen & Tan, 2023). Sin embargo, su inversión inicial es mayor que la de los paneles simples, lo que hace que su adopción sea una decisión basada en el análisis a largo plazo de costos y beneficios (Wilson & Patel, 2023).

Tabla 5*Comparativa entre paneles solares simples e inteligentes.*

Característica	Paneles Simples	Paneles Inteligentes
Funcionalidad Básica	Conversión de energía solar a eléctrica	Conversión de energía solar a eléctrica + Tecnologías avanzadas
Eficiencia	Depende de las condiciones solares	Adaptativa, con posibilidad de seguimiento solar
Costo Inicial	Menor	Mayor debido a la integración tecnológica
Mantenimiento	Bajo, limpieza periódica	Moderado, requiere actualizaciones y verificaciones de software
Comunicación	No	Sí, puede integrarse con sistemas de gestión energética
Flexibilidad	Estática	Alta, con capacidad de adaptarse a las condiciones solares
Vida Útil	Depende del fabricante y condiciones externas	Similar, aunque la electrónica avanzada podría requerir atención con el tiempo
Aplicaciones	Residenciales, comerciales, industriales	Ideal para aplicaciones donde la optimización y la gestión son cruciales

Nota: Elaboración propia

Es importante destacar que, aunque esta tabla presenta una comparación general entre paneles solares simples e inteligentes, existen diversas marcas y modelos en el mercado con características específicas. Se recomienda siempre realizar una investigación detallada y consultar las especificaciones del fabricante antes de tomar una decisión final.

3.3.2. Instalación del panel solar

La implementación de los paneles solares se basa en 8 pasos

Paso 1: Evaluación y Selección del Sitio

- Asegurarse de que la ubicación seleccionada reciba la máxima cantidad de luz solar directa durante el día.

- Evitar áreas con sombras, especialmente durante las horas pico solares (generalmente entre las 9 a.m. y las 3 p.m.).

Paso 2: Preparación de la Superficie

- Asegurar una superficie limpia, nivelada y libre de obstrucciones.
- Si se instala en un techo, verificar la integridad estructural del mismo.

Paso 3: Instalación de Soportes y Monturas

- Fijar las monturas o soportes al techo o al suelo, según corresponda.
- Asegurarse de que estén firmemente anclados y nivelados.

Paso 4: Colocación de los Paneles

- Montar los paneles solares en los soportes, asegurándose de que estén seguros.
- Alinear los paneles de manera que estén orientados hacia el ecuador (hacia el norte en el hemisferio sur y hacia el sur en el hemisferio norte).

Paso 5: Conexión del Sistema

- Conectar los paneles entre sí (en serie o paralelo, según el diseño del sistema).
- Conectar el sistema al inversor, que cambiará la corriente continua (CC) generada por los paneles a corriente alterna (CA) para el uso doméstico.

Paso 6: Conexiones Eléctricas

- Conectar el inversor al sistema de distribución eléctrica de la vivienda.
- Instalar un medidor, si es necesario, para monitorizar la producción de energía del sistema solar.

Paso 7: Configuración del Sistema y Pruebas

- Encender el sistema y asegurarse de que todos los componentes estén funcionando correctamente.
- Monitorizar la producción de energía y verificar si hay pérdidas o problemas en el sistema.

Paso 8: Finalización y Documentación

- Documentar toda la instalación, incluidas las especificaciones, las ubicaciones de los componentes y las instrucciones operativas.
- Asegurarse de que todos los permisos necesarios estén en regla y cumplir con las regulaciones locales o nacionales sobre instalaciones solares.

3.4. Hogar Adaptado: Implementación y Detalles

3.4.1. El Corazón del Sistema: Microcontrolador ESP32

El microcontrolador ESP32 representa uno de los avances más significativos en el mundo de la electrónica y la Internet de las Cosas (IoT). Desarrollado por Espressif Systems, se ha consolidado como una de las elecciones predilectas para desarrolladores y aficionados por igual, debido a su versatilidad, potencia y coste asequible.

Características principales del ESP32:

- **Doble Núcleo:** El ESP32 cuenta con un procesador de doble núcleo basado en la arquitectura Xtensa LX6, lo que le permite realizar multitarea de manera efectiva y manejar múltiples operaciones simultáneamente (Gomez, 2018).
- **Conectividad:** Una de las características más sobresalientes del ESP32 es su capacidad de conectividad. No sólo ofrece Wi-Fi, sino también Bluetooth y Bluetooth Low Energy (BLE) (Martinez & Liu, 2020).
- **Bajo Consumo:** El diseño del ESP32 está optimizado para operaciones de bajo consumo. Puede funcionar en diferentes modos de consumo de energía, lo que le permite ser eficiente y prolongar la vida útil de las baterías en aplicaciones portátiles (Nguyen, 2019).
- **Capacidad de Expansión:** El ESP32 cuenta con una variedad de pines GPIO (Entrada/Salida de Propósito General) que facilitan la conexión con otros dispositivos y sensores (Perez, 2021).
- **Seguridad:** El ESP32 posee características avanzadas de seguridad como encriptación de hardware, arranque seguro y protección contra escritura, garantizando así la integridad de los datos y la protección contra ataques externos (Fernandez, 2022).

Dada su robustez y características avanzadas, el ESP32 ha encontrado aplicaciones en una multitud de campos. Desde la domótica hasta sistemas industriales, pasando por wearables y proyectos de aficionados, su presencia es cada vez más común y reconocida (Ramirez & Soto, 2023).

Tabla 6

Comparación de Microcontroladores IoT

Característica	ESP32	Arduino Uno	Raspberry Pi Zero W	STM32
Procesador	Xtensa LX6 Dual	ATmega 328P	Single-core ARMv6	ARM Cortex-M4
Frecuencia	240 MHz	16 MHz	1 GHz	72 MHz
RAM	520 KB	2 KB	512 MB	20 KB
Almacenamiento	16 MB	32 KB	MicroSD	64 KB
Conectividad	Wi-Fi, BLE	Ninguna	Wi-Fi, Bluetooth	Ninguna
Pines GPIO	34	14	26	37
C. Energético	Bajo	Medio	Medio-alto	Bajo
Soporte para SO	FreeRTOS	No	Raspbian	No
Precio aprox.	\$10	\$25	\$10	\$5

Nota: Elaboración propia

La elección del ESP32 sobre otros microcontroladores en esta aplicación se basó en varias consideraciones clave. El ESP32 sobresale en cuanto a conectividad, ofreciendo tanto Wi-Fi como Bluetooth Low Energy (BLE), lo que es esencial para aplicaciones IoT. Su potente procesador de doble núcleo garantiza un rendimiento superior, mientras que su eficiencia energética es ideal para aplicaciones que requieren duración prolongada de la batería. A pesar de las potentes capacidades del Raspberry Pi Zero W, su mayor consumo energético y la necesidad de un sistema operativo completo hicieron que el ESP32 fuera una opción más adecuada para una implementación eficiente y optimizada en el sistema domótico propuesto.

3.4.2 Actuadores: Los Ejecutores Silenciosos

En cualquier sistema automatizado, si el sensor es el ojo y el microcontrolador es el cerebro, entonces el actuador es, sin duda, la mano que realiza la acción. Los actuadores son dispositivos que realizan una acción física en respuesta a una instrucción, generalmente proporcionada por un microcontrolador o un sistema de control.

Actuadores Eléctricos: Relé

El relé es un tipo de actuador eléctrico que funciona como un interruptor, pero controlado eléctricamente. Es decir, permite o interrumpe el paso de corriente en un circuito en función de una señal eléctrica. Dentro de la domótica, los relés desempeñan funciones esenciales, como:

- Control de iluminación: Encender o apagar luces basándose en comandos o en datos de sensores (como sensores de luminosidad).
- Sistemas de seguridad: Activar o desactivar sistemas de alarma o cerraduras eléctricas.
- Control de electrodomésticos: Encender o apagar dispositivos como calentadores, aires acondicionados, entre otros.

La principal ventaja del relé en aplicaciones domóticas es su capacidad para manejar cargas de alta potencia con una señal de control de baja potencia. Así, es posible controlar, por ejemplo, una lámpara de 100W con una señal de control de tan solo 5V.

Consideraciones en la Elección del Relé

Al seleccionar un relé como actuador en un proyecto de domótica, es vital tener en cuenta:

- Capacidad de corriente: Es esencial elegir un relé que pueda manejar la corriente máxima del dispositivo que se controlará.
- Tipo de carga: Algunos relés son específicos para cargas resistivas (como lámparas incandescentes) mientras que otros son para cargas inductivas (como motores).
- Voltaje de activación: Es el voltaje necesario para que el relé cambie de estado.

Tabla 7*Ventajas y desventajas de actuadores*

Actuador	Descripción	Ventajas	Desventajas
Relé	Interruptor controlado eléctricamente.	Sencillo, económico, versátil.	Ciclos limitados de vida útil.
Servomotor	Motor puede posicionarse en distintos ángulos.	Precisión en posicionamiento.	Mayor coste. Menor potencia.
Motor DC	Motor de corriente continua.	Control simple, respuesta rápida.	No tiene control de posición.
Motor Paso a Paso	Motor se mueve en pasos discretos.	Movimientos precisos.	Requiere controlador específico. Más caro que motores DC.
Solenoides	Actuador electromagnético lineal.	Simple, movimientos rápidos.	Limitado a movimientos lineales.

Nota: Elaboración propia

3.4.3 Alexa: La Voz Asistente

Un sistema domótico al incorporar un asistente de voz puede mejorar la experiencia del usuario al proporcionar el uso y la interacción de los dispositivos con el hogar:

- **Control conveniente:** Un asistente de voz permite a los usuarios controlar los dispositivos y funciones del sistema domótico de manera conveniente y sin tener que utilizar una aplicación o interfaz física. Esto simplifica el manejo de las diferentes funciones de la casa inteligente.
- **Accesibilidad:** Un asistente de voz puede hacer que un sistema domótico sea más accesible para personas con discapacidades o limitaciones físicas, ya que no requiere el uso de dispositivos físicos ni la interacción con una pantalla táctil.
- **Interoperabilidad:** Los asistentes de voz suelen ser compatibles con una variedad de dispositivos y plataformas de domótica, lo que facilita la integración de diferentes componentes de un sistema domótico. Esto permite que los usuarios controlen luces,

termostatos, cámaras de seguridad, cerraduras inteligentes y otros dispositivos de diferentes fabricantes utilizando un único asistente de voz.

- **Automatización y comodidad:** Los asistentes de voz pueden utilizarse para crear rutinas y automatizaciones dentro del sistema domótico. Esto añade comodidad y eficiencia a la vida cotidiana.
- **Control remoto:** Los asistentes de voz suelen permitir el control remoto de dispositivos y sistemas domóticos a través de comandos de voz desde cualquier lugar con acceso a Internet. Esto significa que puedes controlar tu casa inteligente incluso cuando no estás en casa.
- **Interacción natural:** Los asistentes de voz están diseñados para entender el lenguaje natural humano, lo que facilita la comunicación con el sistema domótico sin necesidad de aprender comandos específicos o utilizar una interfaz compleja.
- **Actualizaciones y mejoras:** Los asistentes de voz a menudo se actualizan con nuevas características y capacidades, lo que significa que un sistema domótico puede mejorar con el tiempo sin necesidad de reemplazar hardware.

Si bien es cierto que cada asistente inteligente tiene sus fortalezas y debilidades se hizo una comparativa entre los asistentes inteligentes más populares del mercado obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 8

Comparativa de asistentes inteligentes

Característica	Amazon Alexa	Google Assistant	Apple Siri	Microsoft Cortana
Plataforma Principal	Echo Devices	Android/Googl e Nest	Apple Devices	Windows Devices
Integración Domótica	Diversidad de marcas	Amplia con muchas marcas	Principalmente con HomeKit	Limitada
Reconocimiento de Voz	Excelente	Excelente	Bueno	Bueno
Capacidades de Búsqueda	Basado en Bing	Basado en Google	Basado en Apple Web Search y Wikipedia	Basado en Bing

Rutinas Personalizadas	Sí	Sí	Sí (a través de Atajos)	Sí
Integración con Terceros	Mediante Skills	Mediante Acciones de Google	Limitada a aplicaciones de iOS	Limitada
Multilinguaje	Sí	Sí	Sí	Sí
Control de Música	Amazon Music, Spotify, etc	YouTube Music, Spotify, etc	Apple Music	Spotify, iHeartRadio
Respuestas Contextuales	Excelente	Excelente	Moderado	Moderado
Privacidad	Permite borrar registros de VOZ	Permite borrar registros de VOZ	Enfoque fuerte en privacidad	Permite borrar registros de VOZ

Nota: Elaboración propia

Debido a la gran cantidad de skills que puede utilizar Amazon Alexa y la facilidad para la conexión con terceros, es que se considera la toma de elección de este asistente inteligente, además de la gran variedad de modelos que tiene y la interacción entre ellos.

3.4.4. Sensores de Temperatura: Nuestros Vigías Térmicos

Los sensores de temperatura son utilizados en diversos contextos, especialmente en sistemas de monitorización y control en aplicaciones de domótica, automatización industrial, sistemas de climatización, entre otros.

Estos sensores de temperatura, también conocidos como termopares, termistores o sensores de temperatura resistivos, son dispositivos diseñados para medir la temperatura en su entorno y convertirla en una señal eléctrica que puede ser procesada y utilizada para tomar decisiones o realizar acciones automáticas.

Algunas características de los sensores de temperatura y cómo funcionan incluyen:

- Principio de funcionamiento: Los sensores de temperatura utilizan diferentes principios para medir la temperatura. Por ejemplo, los termopares generan una

diferencia de voltaje en respuesta al cambio de temperatura, mientras que los termistores cambian su resistencia eléctrica con la temperatura.

- **Precisión y rango de medición:** La precisión y el rango de medición de estos sensores pueden variar según el tipo y la calidad del sensor. Algunos sensores son más precisos y se utilizan en aplicaciones que requieren mediciones muy precisas, como laboratorios, mientras que otros son más adecuados para aplicaciones generales.
- **Aplicaciones:** Los sensores de temperatura se utilizan en una amplia gama de aplicaciones, desde el control de la temperatura en sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) hasta la monitorización de procesos industriales, control de calidad de productos, dispositivos médicos y más.
- **Conexión y salida:** Los sensores de temperatura suelen proporcionar una señal eléctrica que puede ser analógica o digital. Esta señal se conecta a un sistema de adquisición de datos o un controlador que interpreta la temperatura.
- **Calibración:** Muchos sensores de temperatura requieren calibración para garantizar mediciones precisas. La calibración implica ajustar el sensor para que su salida coincida con un valor de referencia conocido.
- **Sensores especializados:** Además de los sensores de temperatura estándar, existen sensores especializados para aplicaciones específicas, como termopares de alta temperatura para aplicaciones de hornos industriales o sensores de temperatura de infrarrojos para medir la temperatura sin contacto.

En sistemas domóticos, estos sensores pueden ser esenciales para mantener un ambiente interior cómodo y eficiente energéticamente al controlar sistemas de calefacción, refrigeración y ventilación.

Tabla 9

Comparativa de sensores de temperatura inteligentes

Característica	Ecobee Room Sensor	Philips Hue Motion Sensor	Xiaomi Aqara Temp & Humidity	Fibaro Z-Wave Temp Sensor
Conectividad	Wi-Fi	Zigbee	Zigbee	Z-Wave
Rango de Medición	0°C a 50°C	-10°C a 45°C	-20°C a 60°C	-20°C a 100°C

Precisión	±0.5°C	±0.5°C	±0.3°C	±0.5°C
Batería	Sí (1.5 años)	Sí (2 años)	Sí (2 años)	Sí (2.5 años)
Integración con Asistentes	Alexa, Google Assistant, HomeKit	Alexa, Google Assistant, HomeKit	HomeKit, Mi Home	Z-Wave hubs, Alexa and Google Assistant
Humedad	Sí	No	Sí	Sí
Notificaciones	Sí	Sí	Sí	Sí

Nota: elaboración propia

3.4.5. *Visionado Arquitectónico: Planos del Hogar*

Para el diseño de los planos del hogar se tomó en cuenta el uso del programa de AutoCAD para facilitar la planificación e implementación lo cual hizo tener un mejor control de la cantidad de entradas a usar.

AutoCAD, siendo uno de los programas de diseño asistido por computadora (CAD) más reconocidos en el mundo, desempeña un papel fundamental en la elaboración de planos para sistemas de domótica en hogares. A continuación, se resalta la importancia de su uso en este contexto:

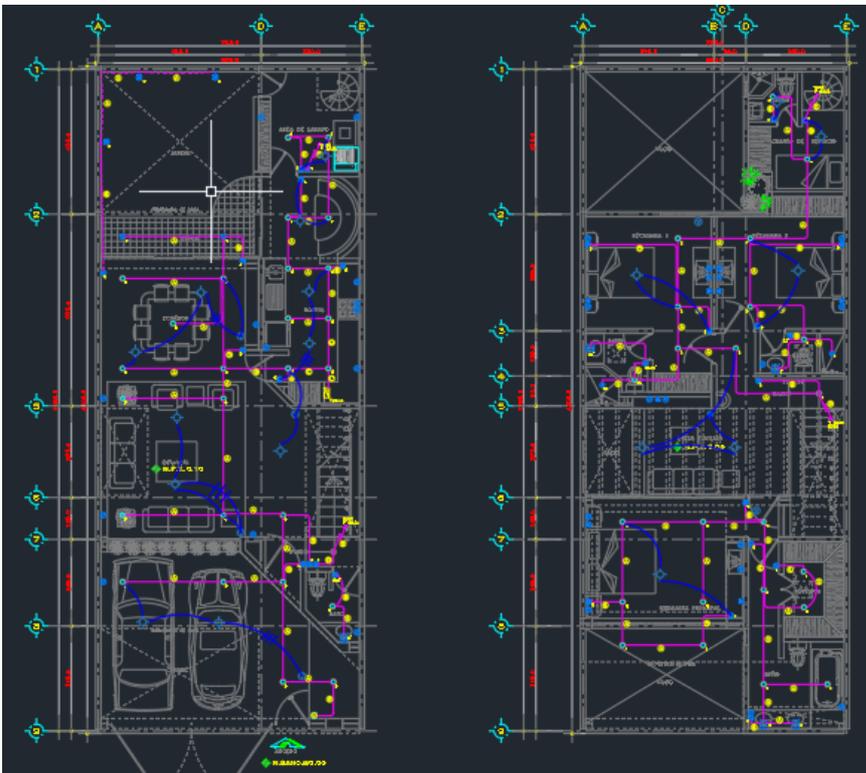
- Diseño Preciso y a Escala, el cual permite crear planos detallados con dimensiones exactas, asegurando que todos los componentes del sistema domótico se adapten y funcionen adecuadamente en el espacio real.
- Visualización Integral: Con AutoCAD se pudo presentar de forma clara la ubicación de los dispositivos, sensores, actuadores y cableados dentro de la estructura del hogar, permitiendo una mejor planificación y evitando posibles conflictos estructurales.
- Modificación y Adaptación al permitir realizar ajustes y actualizaciones en el diseño, asegurando que el sistema domótico sea adaptable y flexible.
- Interoperabilidad: AutoCAD permite la integración con otro software de diseño y simulación, lo que facilita la incorporación y revisión de diferentes aspectos del hogar, como sistemas eléctricos, HVAC o estructurales.
- Documentación Estándar: AutoCAD es ampliamente aceptado en la industria de la construcción y diseño. Los planos creados en este software cumplen con estándares profesionales, facilitando la comunicación y colaboración entre arquitectos, ingenieros, instaladores y otros profesionales.

- Simulación y Prueba: Algunas extensiones permiten simular el comportamiento de sistemas domóticos, permitiendo a los diseñadores y propietarios anticipar y corregir posibles problemas antes de la instalación real.
- Archivado y Consulta: Mantener los planos de diseño en AutoCAD facilita su revisión y consulta en el futuro, ya sea para expandir el sistema, realizar mantenimiento o identificar componentes específicos.
- Diseño Personalizado: AutoCAD ofrece herramientas avanzadas para personalizar el diseño según las necesidades y deseos específicos de cada hogar, garantizando soluciones domóticas a medida.

En la figura 14 se muestran los planos del hogar con las luminarias ubicadas y cableadas de forma que sea más fácil la implementación.

Figura 14

Planos de la casa domótica



Nota: Elaboración propia

En el plano realizado en AutoCAD se puede observar las conexiones que hay en la primera planta y la segunda

3.5 Cables: Encontrando el Mejor Conductor

La eficiencia y selección de cables para instalaciones eléctricas en el hogar dependen de diversos factores como el amperaje, la distancia, el tipo de carga (si es iluminación, electrodomésticos, sistemas de climatización, etc.), y las normativas locales. A continuación, se presenta una tabla básica que te podría servir como referencia inicial, sin embargo, es crucial ponerse en contacto con un electricista con certificación para identificar la opción más adecuada para tu instalación particular.

Tabla 10

Características de los cables en el hogar

Tipo de Cable	Sección (mm²)	Amperaje Máximo (A)	Aplicaciones Comunes
Cobre (THHN, THWN)	1.5	15 - 20	Iluminación, alarmas, timbres
Cobre (THHN, THWN)	2.5	20 - 25	Enchufes, pequeños electrodomésticos
Cobre (THHN, THWN)	4	25 - 35	Enchufes, circuitos de electrodomésticos de mayor consumo
Cobre (THHN, THWN)	6	35 - 45	Cocinas eléctricas, sistemas de calefacción
Cobre (THHN, THWN)	10	45 - 60	Subpaneles, secadoras, hornos

Nota: Elaboración propia

Es fundamental asegurarse de que los cables estén bien dimensionados para evitar sobrecargas, calentamientos y otros problemas que pueden resultar en un riesgo para la seguridad. Además, es importante considerar la eficiencia energética de los electrodomésticos y sistemas que se estarán utilizando en el hogar, así como la correcta instalación de los sistemas eléctricos, para lograr una operación segura y eficiente.

Para considerar que cables usar se toma en cuenta ciertos criterios como los tipos de cable, las dimensiones del cable en mm², la capacidad máxima de corriente y los usos más comunes según las dimensiones del cable.

a) Tipos de Cables:

Cobre (THHN, THWN): Estos cables son los más frecuentemente utilizados y poseen una eficiencia superior en el ámbito de las instalaciones domésticas, gracias a su destacada conductividad eléctrica.

b) Dimensiones del Cable (mm²):

El tamaño o grosor del cable, expresado en mm² (milímetros cuadrados), es crucial ya que determina la capacidad de corriente que el cable puede conducir.

c) Capacidad Máxima de Corriente (A):

La capacidad máxima de corriente refleja la mayor cantidad de corriente que puede transitar a través del cable de manera segura sin sobrecalentarse.

d) Usos Comunes Según las Dimensiones del Cable:

- 1.5 mm²: Óptimo para circuitos de iluminación, sistemas de alarmas, y timbres.
- 2.5 mm²: Adecuado para la conexión de enchufes y pequeños electrodomésticos.
- 4 mm²: Ideal para enchufes y circuitos destinados a electrodomésticos de mayor demanda energética.
- 6 mm²: Utilizado predominantemente en cocinas eléctricas y sistemas de calefacción.
- 10 mm²: Apropiado para la alimentación de subpaneles, secadoras y hornos.

3.6. Interruptores

Los interruptores inteligentes son dispositivos que permiten el control del encendido y apagado de las luminarias de forma remota, mediante un dispositivo móvil, por comandos de voz, por programación y de forma manual. Ello facilita que los usuarios o los habitantes de la vivienda puedan tener un mayor confort.

Algunas de las características más comunes son: la conectividad Wi-Fi, el control remoto, control por voz, automatización para el encendido y apagado de las luminarias.

El uso de los relés y ESP32 instalados en el panel de control permite una mejor conexión de internet en todo el hogar, mejorando así los puntos vacíos donde no llega la suficiente señal de internet, y evitando las fallas del interruptor.

Entre las ventajas más relevantes de esta instalación en comparación con un interruptor inteligente se considera:

- **Conectividad:** permite una mejor conexión en todos los dispositivos, pues no se encuentran puntos vacíos o falta de internet.
- **Más económico:** el costo de instalación es más accesible para personas con pocos recursos, no es por precio de unidad.

Tabla 11

Comparativa de tipos de interruptores comunes.

Característica	Instalación al panel de control	Interruptor Inteligente
Conexión Wifi	SI	SI
Compatibilidad	Alexa, Google Assistant, Homekit	Alexa, Google Assistant, Homekit
Control de App móvil	SI	SI
Control Remoto	SI	SI
Función de temporizador	SI	SI
Misma señal de internet en todo el hogar	SI	NO
Bajo costo	SI	NO

Nota: Elaboración propia

La elección de los interruptores dependerá del uso que se le dará, analizando la estética, el correcto aprovechamiento del internet y el consumo energético que este genera, además del costo que se considera utilizar. Es importante destacar que, con la evolución de la tecnología, se están desarrollando interruptores inteligentes que pueden ser controlados remotamente y que integran funciones adicionales.

3.7. Microcontroladores en Revista: En busca del más Eficiente

El microcontrolador ESP32 representa uno de los avances más significativos en el mundo de la electrónica y la Internet de las Cosas (IoT). Desarrollado por Espressif Systems, se ha consolidado como una de las elecciones predilectas para desarrolladores y aficionados por igual, debido a su versatilidad, potencia y coste asequible.

Dada su robustez y características avanzadas, el ESP32 ha encontrado aplicaciones en una multitud de campos. Desde la domótica hasta sistemas industriales, pasando por wearables y proyectos de aficionados, su presencia es cada vez más común y reconocida (Ramirez & Soto, 2023).

En el contexto de sistemas domóticos, el ESP32 actúa como un nexo de unión, recogiendo datos de diferentes sensores, procesándolos y, en función de la programación, activando diferentes actuadores o dispositivos en el hogar. Además, su conectividad permite que el sistema domótico pueda ser controlado y monitoreado de manera remota, proporcionando comodidad y eficiencia a los usuarios (Gonzalez, 2024).

Tabla 12

Comparativa de tipos de microcontroladores

Característica	ESP32	Arduino Uno	Raspberry Pi Zero W	STM32
Procesador	Xtensa LX6 Dual	ATmega328P	Single-core ARMv6	ARM Cortex- M4
Frecuencia	240 MHz	16 MHz	1 GHz	72 MHz
RAM	520 KB	2 KB	512 MB	20 KB
Almacenamiento	16 MB	32 KB	MicroSD	64 KB
Conectividad	Wi-Fi, BLE	Ninguna	Wi-Fi, Bluetooth	Ninguna
Pines GPIO	34	14	26	37
Consumo Energético	Bajo	Medio	Medio-alto	Bajo
Soporte para SO	FreeRTOS	No	Raspbian	No
Precio (Aproximado)	\$10	\$25	\$10	\$5

Nota: Elaboración propia

La elección del ESP32 sobre otros microcontroladores en esta aplicación se basó en varias consideraciones clave. El ESP32 sobresale en cuanto a conectividad, ofreciendo tanto Wi-Fi como Bluetooth Low Energy (BLE), lo que es esencial para aplicaciones IoT. Su potente procesador de doble núcleo garantiza un rendimiento superior, mientras que su eficiencia energética es ideal para aplicaciones que requieren duración prolongada de la

batería. A pesar de las potentes capacidades del Raspberry Pi Zero W, su mayor consumo energético y la necesidad de un sistema operativo completo hicieron que el ESP32 fuera una opción más adecuada para una implementación eficiente y optimizada en el sistema domótico propuesto.

3.8. Implementación y Programación

La preparación del hardware constituye la etapa primordial que precede la fase de programación. Es en esta etapa donde se establece la infraestructura física sobre la que operará el sistema domótico. A continuación, se describen las sub-fases involucradas en la preparación del hardware:

3.8.1 Configuración del ESP32

La configuración del microcontrolador ESP32 es la piedra angular en la implementación del sistema domótico. Este microcontrolador fue elegido por su versatilidad, capacidad de conectividad y bajo costo, lo que lo hace ideal para este proyecto (Hess, 2020).

- **Conexión Física:**

Se inicia estableciendo las conexiones físicas entre el ESP32 y los demás componentes como sensores, actuadores, y módulos de comunicación.

Se revisa el adecuado funcionamiento de las conexiones mediante herramientas de diagnóstico y multímetros para asegurar la continuidad y correcta transmisión de señales.

- **Configuración de Comunicaciones:**

Se configuran las interfaces de comunicación necesarias, como Wi-Fi y Bluetooth, para garantizar una comunicación fluida entre los componentes del sistema domótico y el ESP32 (Bates, 2016).

- **Establecimiento de Parámetros Iniciales:**

Se configuran parámetros esenciales como la dirección IP, configuraciones de puertos, y otros parámetros de red que serán cruciales para la comunicación en red del sistema (Monk, 2016).

3.8.2 Instalación de Sensores y Actuadores

La correcta instalación de sensores y actuadores es vital para el funcionamiento óptimo del sistema domótico.

- **Ubicación Estratégica:**
Los sensores y actuadores se instalan en ubicaciones estratégicas dentro del hogar para asegurar una operación eficaz y eficiente, considerando factores como la accesibilidad, la cobertura de señal, y la estética (Rush, 2017).
- **Verificación de Funcionamiento:**
Posterior a la instalación, se verifica el correcto funcionamiento de cada sensor y actuador, así como la comunicación con el microcontrolador ESP32.

3.8.3 Pruebas Iniciales de Hardware

Estas pruebas tienen como objetivo verificar la correcta instalación y funcionamiento del hardware antes de proceder con la programación.

- **Diagnóstico de Conexiones:**
Se realizan diagnósticos para verificar la integridad de las conexiones y la operatividad de los componentes (Stallings, 2018).
- **Verificación de Señales:**
Se verifica que las señales entre los microcontroladores, sensores, y actuadores sean las correctas y estén dentro de los parámetros deseados.
La fase de desarrollo de software es crucial para la operatividad eficaz del sistema domótico diseñado. Esta fase encapsula la codificación, la integración de bibliotecas y módulos, y la depuración del código para asegurar un funcionamiento sin errores del sistema.

3.8.4. Codificación en Arduino IDE

La codificación es el núcleo del desarrollo de software. Utilizando el Arduino IDE, que es una plataforma amigable y robusta, se desarrollan los programas esenciales que controlarán el sistema domótico.

- **Desarrollo de Funciones:**
Se desarrollan funciones específicas para leer datos de los sensores, controlar los actuadores, y establecer la comunicación con el asistente de voz Alexa.
Se crea un código modular para facilitar la identificación de errores y permitir una expansión sencilla del sistema en el futuro (Richardson & Wallace, 2016).
- **Integración de Comunicación:**

Se integran los protocolos de comunicación necesarios para la interacción entre los diferentes componentes del sistema y el asistente de voz Alexa.

- **Pruebas Unitarias:**

Se realizan pruebas unitarias para verificar el correcto funcionamiento de cada función desarrollada.

3.8.5. Bibliotecas y Módulos

La utilización de bibliotecas y módulos preexistentes acelera el proceso de desarrollo y facilita la implementación de funcionalidades complejas.

- **Selección de Bibliotecas:**

Se seleccionan e integran bibliotecas que facilitan la comunicación entre los componentes, manejo de datos y otras funcionalidades esenciales (Monk, 2016).

- **Adaptación de Módulos:**

En algunos casos, se adapta o modifica el código de ciertos módulos para cumplir con las necesidades específicas del sistema domótico.

- **Documentación:**

Se documentan las bibliotecas y módulos utilizados, explicando la función que desempeñan dentro del sistema.

3.8.6. Depuración

La depuración es una actividad crucial para identificar y rectificar errores en el código, garantizando así un funcionamiento confiable y fluido del sistema.

- **Identificación de Errores:**

Se utilizan herramientas de depuración del Arduino IDE para identificar errores y corregirlos (McRoberts, 2011).

- **Pruebas de Funcionamiento:**

Se realizan pruebas exhaustivas para verificar que cada componente del sistema funciona como se espera tras la depuración.

- **Optimización:**

Finalmente, se realiza una optimización del código para mejorar la eficiencia y reducir el uso de recursos como la memoria y el tiempo de procesador.

Figura 15

Desarrollo del código en Arduino

```
proyecto
#include <ArduinoIoTCloud.h>
#include <Arduino_ConnectionHandler.h>
#include <DHT.h>
#include <IRremote.h>

const char THING_ID[] = "094ebfc5-bcbd-47af-a495-ad3502083162"; //Enter THING ID
const char DEVICE_LOGIN_NAME[] = "fa0b60cf-1132-4a29-8b31-9cd35635e0ef"; //Enter DEVICE ID

const char SSID[] = "MYR CONSULTORA 5.0GHZ"; //Enter WiFi SSID (name)
const char PASS[] = "20601987873jm"; //Enter WiFi password
const char DEVICE_KEY[] = "4EWFIECQKWFY7H9AVQT"; //Enter Secret device password (Secret Key)

#define DHTPIN 16 //RX2 pin connected with DHT
#define IR_RECV_PIN 35 //D35 pin connected with IR Receiver IC

// define the GPIO connected with Relays and switches
#define RelayPin1 23 //D23
#define RelayPin2 22 //D22
#define RelayPin3 21 //D21
#define RelayPin4 19 //D19

#define SwitchPin1 13 //D13
#define SwitchPin2 12 //D12
#define SwitchPin3 14 //D14
#define SwitchPin4 27 //D27

#define wifiled 2 //D2

// Uncomment whatever type you're using!
#define DHTTYPE DHT11 // DHT 11
// #define DHTTYPE DHT22 // DHT 22, AM2302, AM2321
// #define DHTTYPE DHT21 // DHT 21, AM2301
```

Nota: elaboración propia

3.9. Diseño y Montaje de la Placa

El diseño y montaje de la placa electrónica es una etapa crítica en la implementación del sistema domótico. Esta etapa implica la elección de los componentes adecuados, el diseño del esquemático y la disposición de los componentes en la placa, así como el proceso de soldadura y pruebas de continuidad.

3.9.1 Selección de Componentes:

Una selección meticulosa de componentes es primordial para asegurar un funcionamiento óptimo y eficaz del sistema.

- **Componentes Principales:** Entre ellos se encuentran el microcontrolador ESP32, relés, sensores y otros elementos esenciales para la funcionalidad del sistema domótico.
- **Componentes Secundarios:** Incluyen resistencias, capacitores, conectores, y otros elementos que respaldan el funcionamiento de los componentes principales.

3.9.2 Diseño Esquemático:

El diseño esquemático proporciona una representación gráfica detallada de cómo se interconectarán los componentes entre sí.

Software de Diseño: Se emplea software especializado, como Flix, para elaborar el esquemático.

Rutas de Conexión: Se diseñan meticulosamente las rutas de conexión para garantizar una comunicación eficiente entre los componentes y minimizar cualquier posibilidad de interferencia.

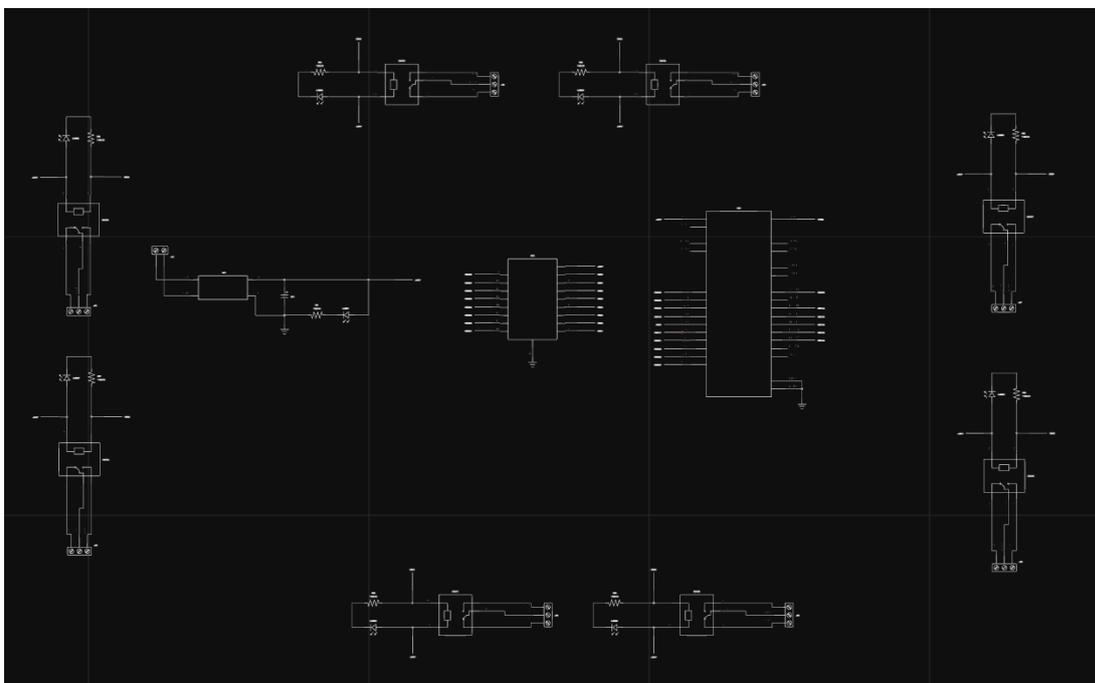
3.9.3 Diseño de la Placa de Circuito Impreso (PCB):

Posterior al diseño esquemático, se transita hacia el diseño de la PCB, determinando la disposición física de los componentes.

- Optimización del Diseño: Se realiza una optimización meticulosa de la disposición de los componentes para minimizar el tamaño de la placa y las longitudes de las rutas de conexión.
- Revisión de Diseño: Se conduce una revisión exhaustiva del diseño para identificar y corregir errores antes de proceder al montaje.

Figura 16

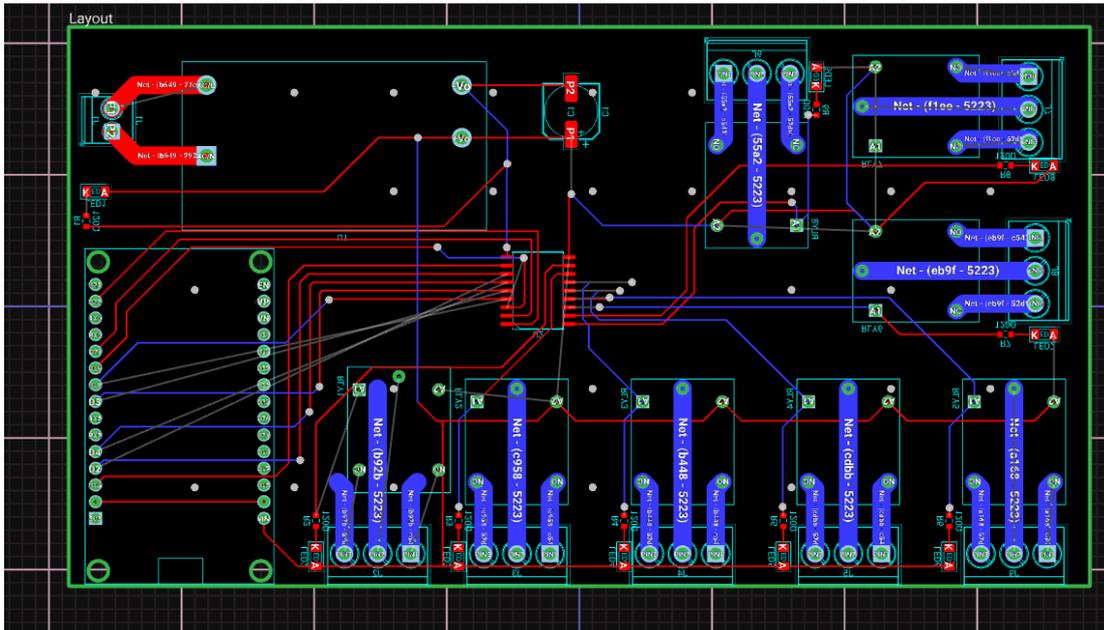
Desarrollo esquemático



Nota: Elaboración propia

Figura 17

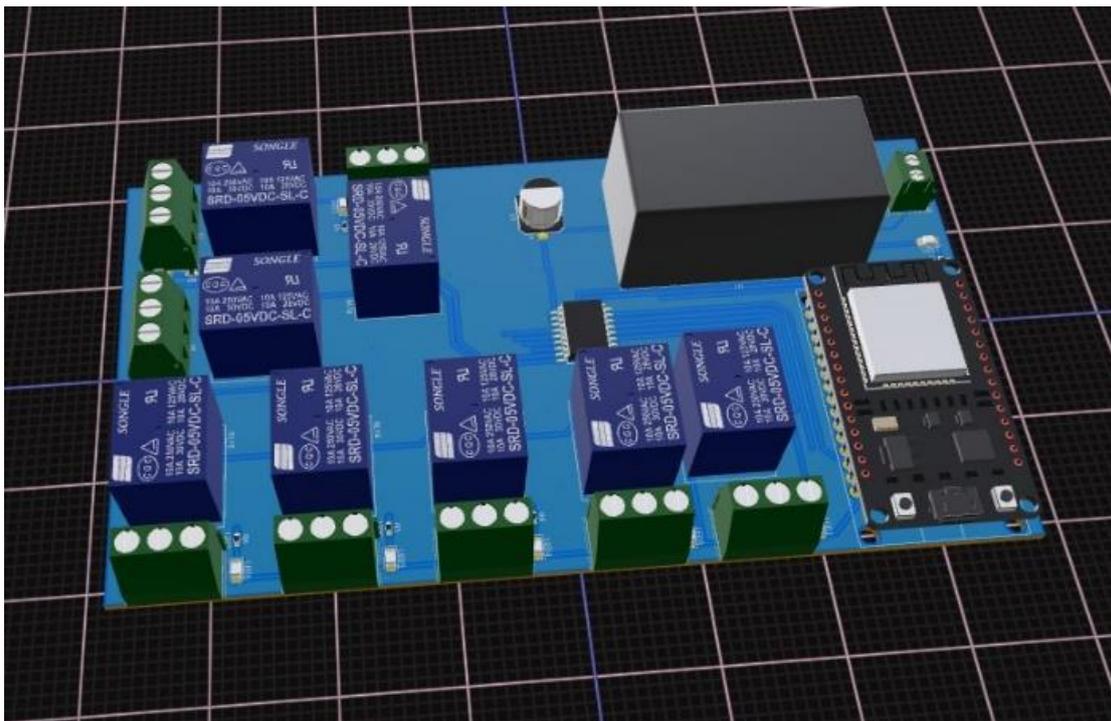
Desarrollo en PCB



Nota: Elaboración propia

Figura 18

Desarrollo en PCB



Nota: Elaboración propia

3.10. El Alma Digital: Programando el ESP32

El ESP32, producido por Espressif Systems, se ha destacado como un microcontrolador notable en el ámbito de la domótica debido a su versatilidad, conectividad y eficiencia. A continuación, se presentan las características que lo hacen adecuado para aplicaciones de domótica:

- **Conectividad Inalámbrica:** Ofrece capacidades de conectividad Wi-Fi y Bluetooth (incluyendo BLE), permitiendo la comunicación con diversos dispositivos y sistemas en el hogar sin la necesidad de cables.
- **Procesador de Doble Núcleo:** Con un procesador dual-core que alcanza hasta 240 MHz, el ESP32 tiene la capacidad de manejar múltiples tareas simultáneamente, lo cual es beneficioso para sistemas domóticos complejos.
- **Variada Gama de Periféricos:** Su amplia gama de periféricos integrados incluyendo GPIO, interfaz SPI, I2C, UART, PWM, y ADC, permite una interfaz directa con una variedad de sensores y actuadores utilizados en domótica.
- **Modos de Bajo Consumo:** Su capacidad para operar en modos de bajo consumo de energía es crucial para aplicaciones de domótica alimentadas por batería o en entornos donde la eficiencia energética es prioritaria.
- **Desarrollo de Firmware y Comunidad:** Hay una amplia comunidad de desarrolladores y una gran cantidad de bibliotecas disponibles que facilitan el desarrollo de firmware para aplicaciones de domótica, así como una documentación extensa y plataformas de desarrollo compatibles como Arduino y Espressif IDF.
- **Aplicaciones en Domótica:** Es ampliamente utilizado para controlar dispositivos como luces, termostatos, cámaras de seguridad, y otros electrodomésticos inteligentes. También se emplea en sistemas de monitoreo y alerta, proporcionando una solución robusta y coste-efectiva para la automatización del hogar.
- **Costo:** Dada su eficiencia en costos, el ESP32 se presenta como una opción atractiva para proyectos de domótica DIY (Do It Yourself, Hágalo Usted Mismo) y profesionales, ofreciendo una solución económica sin sacrificar características esenciales.

En conclusión, el microcontrolador ESP32 se posiciona como una opción robusta y eficiente para proyectos de domótica, brindando una plataforma flexible y confiable para el desarrollo de soluciones inteligentes en el hogar.

Una información más detallada el ESP32 se puede tener en la siguiente tabla:

Tabla 13

Características del ESP32

Característica	Descripción
Fabricante	Espressif Systems
Arquitectura	Xtensa® Dual-Core 32-bit LX6
Frecuencia del CPU	Hasta 240 MHz
Memoria Flash	Integrada, con soporte para memoria externa
RAM	520 KiB SRAM
Conectividad	Wi-Fi 802.11 b/g/n, Bluetooth v4.2 BR/EDR y
Inalámbrica	BLE
Periféricos Integrados	GPIO, SPI, I2C, UART, PWM, ADC, DAC
Alimentación	2.7V a 3.6V
Modos de Bajo Consumo	Modo de Sueño Profundo, Modo de Sueño Ligero, Modo de Sueño Modem
Desarrollo Compatible	Arduino IDE, Espressif IDF, MicroPython, PlatformIO
Aplicaciones en Domótica	Control de iluminación, monitoreo de temperatura, sistemas de seguridad, automatización de electrodomésticos, entre otros

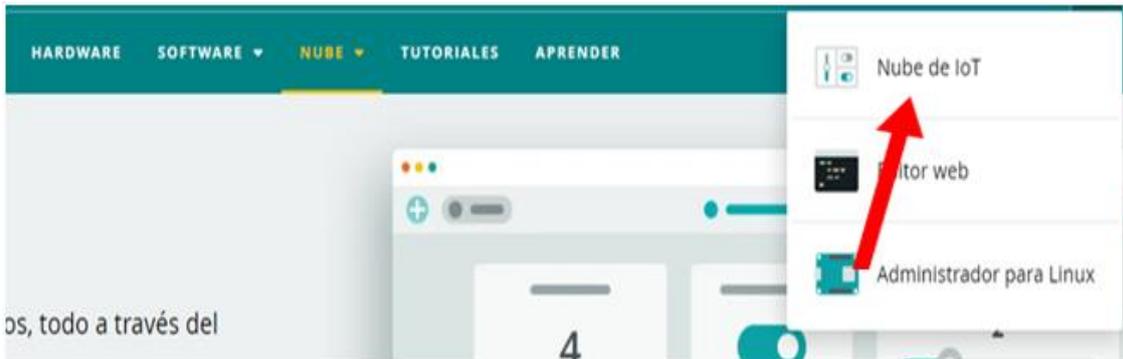
Nota: elaboración propia

3.11. Alexa: Enseñándole a Comprender y Actuar

Es un asistente inteligente el cual permite el control de diferentes aparatos eléctricos como es el caso de las luminarias, sensores, entre otros. Siguiendo con el enlace con Alexa Amazon, primero se debe entrar a la página de Arduino IOT Cloud encontrada en cualquier buscador.

Figura 19

Enlazado con Alexa Amazon

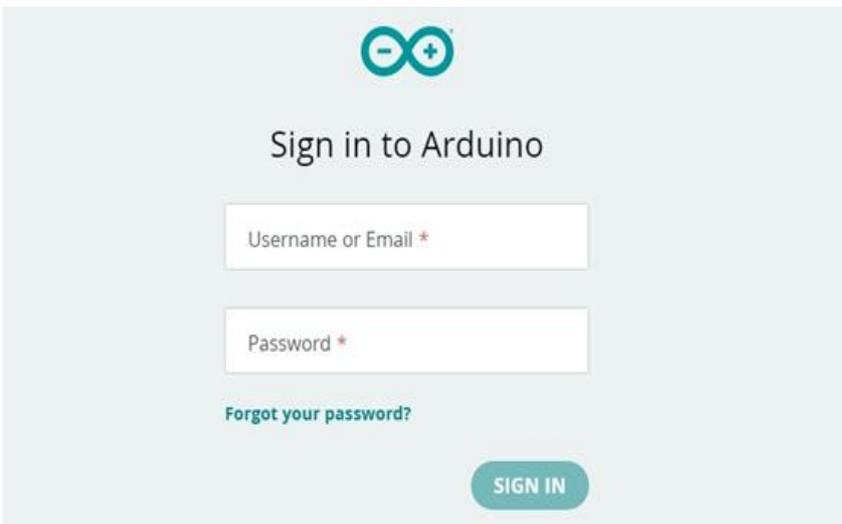


Nota: elaboración propia

Continuar con el registro usando los datos que se piden.

Figura 20

Registro de datos en Arduino



Nota: elaboración propia

Una vez ingresado se pone el dispositivo a usar, el ESP32 Dev Module y la aplicación mandará un pdf donde se encontrará el “Device ID” y el “Secret Key” que servirán para la programación con el código del Arduino, se guarda el pdf y se ingresa las variables (interruptores o switch, medidor de temperatura, etc)

Después de ello, entrar a la opción “Dashboards” para proceder a elegir el modelo de los botones y el medidor de temperatura. En el programa de Arduino se procede a hacer el código con las variables ingresadas.

Figura 21

Datos necesarios en el programa de arduino.

```
const char THING_ID[] = "";  
const char DEVICE_LOGIN_NAME[] = "";  
  
const char SSID[] = "";  
const char PASS[] = "";  
const char DEVICE_KEY[] = "";
```

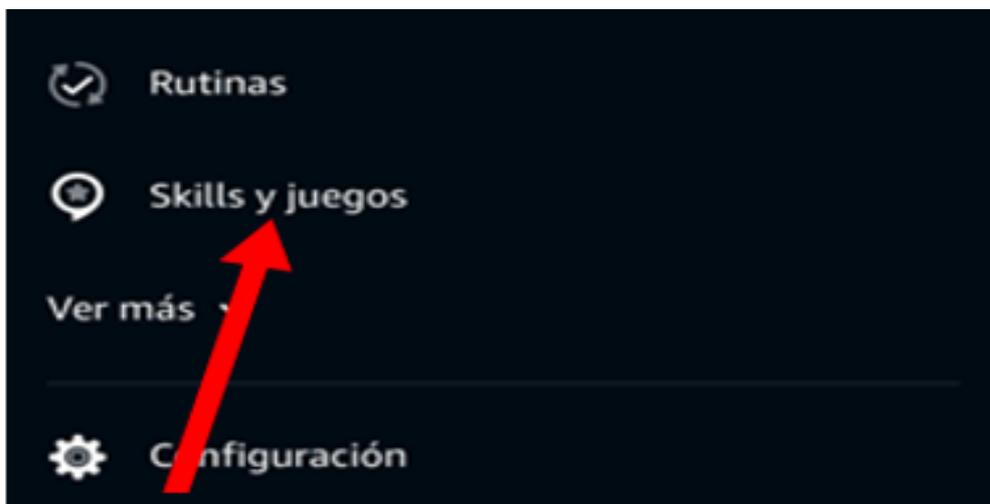
Nota: Elaboración propia.

Los datos a ingresar en el arduino son lo obtenido en el pdf y la información de tu red en el hogar. En el programa de Arduino se procede a completar con la información obtenida y compilar.

Una vez compilado, se entra a la aplicación de Alexa y se vinculan los dispositivos.

Figura 22

Conexión del ESP32 con Alexa Amazon, mediante Skills.



Nota: Elaboración propia.

Dentro de “Skills y juegos” adicionar Arduino y activar

Figura 23

Adición y activación de Arduino en la aplicación de Alexa Amazon.



Nota: Elaboración propia.

Regresando al inicio, ingresar a “Añadir un dispositivo”,

Figura 24

Vinculación de dispositivos.



Nota: Elaboración propia.

Y finalmente se procede a controlar los dispositivos desde Alexa Amazon en el aplicativo móvil.

3.12. Integración Total: De la Placa a la Casa

La fase de integración total engloba la transición desde la configuración técnica del hardware y software hasta la implementación práctica dentro del entorno doméstico. Este proceso es vital para asegurar que el sistema domótico funcione armoniosamente en el contexto real, cumpliendo con las expectativas de automatización y control.

3.12.1 Configuración Inicial:

Antes de la integración completa, es esencial realizar una configuración inicial para asegurar que todos los componentes y programas funcionen como se espera.

- **Revisión de Configuraciones:** Verificar que todas las configuraciones de software y hardware sean las adecuadas y estén operativas.
- **Pruebas Preliminares:** Realizar pruebas preliminares para garantizar que los sistemas interactúen de manera correcta.

3.12.2 Instalación en el Entorno Doméstico:

Una vez que todo esté configurado correctamente, se procede a instalar los componentes en el entorno doméstico.

- **Ubicación de Sensores y Actuadores:** Instalar sensores y actuadores en las ubicaciones estratégicas para un funcionamiento óptimo.
- **Configuración de la Placa Principal:** Asegurar que la placa principal esté ubicada en un lugar accesible, seguro y con suficiente ventilación.

3.12.3 Conexión y Comunicación:

Establecer las conexiones necesarias y verificar la comunicación entre todos los componentes del sistema.

- **Conexión Física:** Asegurar que todas las conexiones físicas estén correctamente realizadas, garantizando una transmisión de datos eficaz.
- **Comprobación de Comunicación:** Verificar la comunicación entre el microcontrolador, sensores, actuadores, y el sistema de asistente de voz.

3.12.4 Configuración Final y Pruebas:

Con todo en su lugar, se procede a realizar la configuración final y pruebas para asegurar un funcionamiento fluido.

- Configuración de Parámetros Finales: Establecer los parámetros finales en el software para asegurar un rendimiento óptimo.
- Pruebas de Funcionamiento: Realizar pruebas exhaustivas para validar la funcionalidad completa del sistema domótico en el entorno real.

3.12.5 Optimización y Ajustes:

Basándose en las observaciones y resultados de las pruebas, se realizan las optimizaciones y ajustes necesarios.

- Optimización del Sistema: Realizar ajustes finos en el sistema para mejorar la eficiencia y la eficacia.
- Documentación de Ajustes: Documentar todos los ajustes realizados para referencia futura y mantenimiento.

Figura 25

Pruebas con el tablero eléctrico



Nota: Elaboración propia.

El uso del ESP32 permitió el control de las luminarias en el hogar, el uso de esta instalación nos permite tener la misma conexión a internet en todo el hogar

CAPITULO VI: PRUEBAS Y FUNCIONAMIENTO

4.1 Testeo y Evaluación del Sistema

El proceso de testeo y evaluación es vital para garantizar que el sistema domótico instalado opere de manera eficiente y sin errores. Este proceso no solo ayuda a identificar y corregir errores, sino que también permite verificar que el sistema cumpla con los objetivos y expectativas establecidas.

4.1.1 Pruebas Funcionales:

Realizamos pruebas para verificar el correcto funcionamiento de cada componente y su interoperabilidad.

- Pruebas Individuales: Realizamos pruebas a cada componente (sensores, actuadores, microcontrolador, etc.) para asegurar su correcto funcionamiento.
- Pruebas de Integración: Verificamos que todos los componentes trabajen de manera armónica y que la comunicación entre ellos sea efectiva.

4.1.2 Evaluación de Performance:

Evaluamos el rendimiento del sistema en diferentes escenarios y condiciones.

- Tiempo de Respuesta: Medimos el tiempo que tarda el sistema en responder a distintas entradas o comandos.
- Capacidad de Procesamiento: Evaluamos la capacidad de procesamiento del microcontrolador y otros componentes relevantes.

4.1.3 Pruebas de Escalabilidad:

Verificamos la facilidad con la que el sistema puede ser ampliado o modificado.

- Adición de Nuevos Componentes: Verificamos la facilidad de agregar nuevos dispositivos o funcionalidades al sistema.
- Modificación de Configuraciones: Evaluamos la flexibilidad del sistema para adaptarse a nuevas configuraciones.

4.1.4 Pruebas de Seguridad:

Revisamos que nuestro sistema domótico cumpla con los estándares de seguridad necesarios.

- Seguridad de Datos: Evaluamos la seguridad en la transmisión y almacenamiento de datos.
- Pruebas de Acceso no Autorizado: Realizamos intentos de acceso no autorizado al sistema para evaluar su robustez.

4.1.5 Pruebas de Usabilidad:

Examinamos la facilidad de uso y la experiencia del usuario.

- Facilidad de Uso: Evaluamos cuán intuitivo es el sistema para los usuarios finales.
- Satisfacción del Usuario: Obtenemos feedback de los usuarios sobre la utilidad y funcionalidad del sistema.

4.1.6 Pruebas de Estabilidad y Resiliencia:

Evaluamos cómo el sistema se comporta bajo condiciones adversas o en caso de fallos.

- Pruebas de Fallos: Simulamos fallos en distintos componentes y evaluamos la respuesta del sistema.
- Recuperación ante Desastres: Verificamos la capacidad del sistema para recuperarse de fallos críticos.

4.1.7 Documentación y Retroalimentación:

Documentamos todos los resultados de las pruebas y obtenemos retroalimentación para mejoras futuras.

- Documentación de Resultados: Registramos todos los hallazgos, incluyendo los problemas identificados y cómo fueron resueltos.
- Retroalimentación para Mejora: Obtenemos retroalimentación de los involucrados para identificar áreas de mejora. Pruebas de Fallos: Simular fallos en distintos componentes y evaluar la respuesta del sistema.

Figura 26

Verificación de conexión con Alexa Amazon

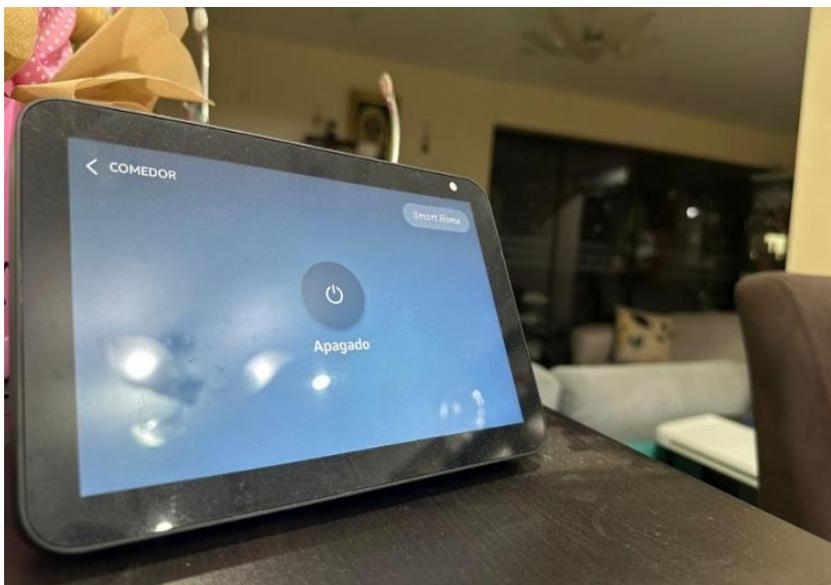


Nota: Elaboración propia

En la figura 23, comprueba la conexión de los 16 dispositivos conectados, el cual permitió el encendido y apagado de las luminarias del hogar.

Figura 27

Verificación de conexión con Alexa Amazon en el comedor

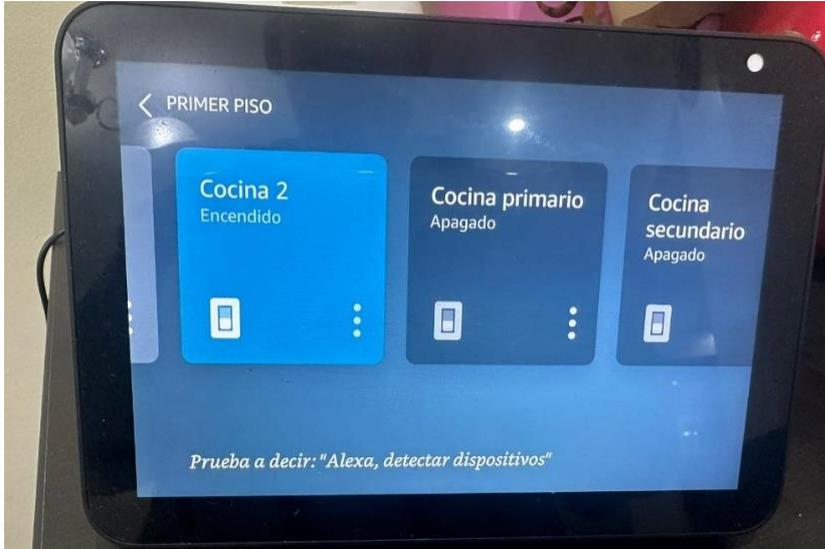


Nota: Elaboración propia

En la figura 24, Realizamos las pruebas de comedor.

Figura 28

Verificación de conexión con Alexa Amazon de doble focos (cocina 2)



Nota: Elaboración propia

En la figura 25, Realizamos la prueba del comedor con 2 focos

4.2 Conclusiones

La aplicación de tecnologías avanzadas en el ámbito domótico ha sido una travesía de innovación y adaptabilidad. Durante el desarrollo de nuestro sistema domótico, la integración de principios LEED, microcontroladores ESP32 y asistentes virtuales ha revelado una amplia gama de posibilidades para enriquecer la vida de las personas con movilidad reducida

4.2.1. Cumplimiento de Objetivos:

El sistema diseñado ha alcanzado exitosamente los objetivos planteados. Se ha implementado un script que garantiza la interoperabilidad y compatibilidad con tecnologías hogareñas. Además, hemos logrado optimizar el uso de paneles solares siguiendo lineamientos LEED y establecer una red de interconexión eficiente con el ESP32, demostrando una robusta capacidad para controlar dispositivos de manera simultánea e individual.

4.2.2. Aprendizaje Técnico y Desarrollo de Habilidades:

Durante el desarrollo del proyecto, enfrentamos una amplia variedad de desafíos técnicos que nos brindaron una oportunidad única de aprendizaje. Desde la programación de scripts para garantizar la interoperabilidad, hasta la optimización de paneles solares y la configuración de una red interconectada utilizando ESP32. Cada desafío nos brindó habilidades técnicas adicionales y una profunda comprensión de la tecnología involucrada.

4.2.3. Impacto en el Entorno Doméstico:

Más allá de la automatización, el sistema ha transformado el hogar en un espacio más sostenible y adaptado a las necesidades de sus habitantes. La gestión eficiente de recursos energéticos, la seguridad mejorada y la integración de control remoto con Alexa reflejan un avance significativo en calidad de vida.

4.2.4. Desafíos y Soluciones:

Los desafíos, desde problemas técnicos hasta decisiones de diseño, se superaron mediante la investigación y el ingenio. Cada obstáculo enfrentado fortaleció el sistema y nuestro entendimiento del mismo.

4.2.5. Perspectivas Futuras:

Como la Inteligencia Artificial para añadir capacidades proactivas al sistema.

El horizonte de la domótica es prometedor. Se vislumbra la incorporación de más dispositivos, interfaces más intuitivas y la exploración de tecnologías emergentes, como la Inteligencia Artificial, para crear hogares aún más inteligentes.

4.2.6. Contribución a la Comunidad:

Este proyecto nos ha brindado una plataforma para compartir nuestras experiencias y aprendizajes con la comunidad. Al documentar y compartir nuestro trabajo, esperamos inspirar y facilitar a otros entusiastas de la tecnología a embarcarse en proyectos similares.

4.2.7. Reflexiones Finales:

La culminación exitosa de este proyecto es una prueba palpable de cómo la innovación tecnológica puede transformar los espacios cotidianos. Aunque el camino estuvo lleno de desafíos, la satisfacción de ver nuestro hogar respondiendo inteligentemente a nuestras

necesidades y comandos es una recompensa que valora cada esfuerzo invertido. La domótica, con su constante evolución, promete un futuro donde la integración de la tecnología en nuestro entorno doméstico será aún más estrecha y beneficiosa.

4.3. Recomendaciones

La implementación de un sistema domótico que asiste a personas con movilidad reducida, siguiendo los lineamientos de certificación LEED, es un avance significativo en la fusión de tecnología y sostenibilidad. A lo largo de este proceso, hemos identificado áreas clave que requieren atención especial para asegurar un rendimiento óptimo y una adaptación fluida al entorno doméstico.

La compatibilidad es una consideración esencial. Con la evolución tecnológica, los sistemas y dispositivos se actualizan con regularidad. Para garantizar una operatividad continua, es fundamental mantener el script y las bibliotecas del Arduino IDE al día, permitiendo una interacción sin interrupciones entre el microcontrolador ESP32 y el asistente virtual Alexa. Además, se debe priorizar la expansión de la interoperabilidad del sistema. A medida que el mercado de dispositivos inteligentes crece, es esencial que nuestro sistema domótico sea compatible con una amplia gama de dispositivos para ofrecer una experiencia más integrada.

En cuanto a la energía, los paneles solares representan una fuente vital. Maximizar su eficiencia no solo es beneficioso desde una perspectiva ecológica, sino también económica. Consideramos imperativo integrar baterías de almacenamiento de energía y sistemas de gestión avanzados. Estos sistemas equilibrarán la demanda energética, optimizando la generación de energía. Junto con esto, la realización de auditorías energéticas periódicas garantizará que el sistema esté alineado con los estándares LEED. La robustez y seguridad de la red de interconexión es otro aspecto crucial. La red, gestionada por el ESP32, debe ser resistente a fallos y vulnerabilidades. Implementar sistemas de redundancia y robustos protocolos de seguridad no solo aumentará la confiabilidad del sistema, sino que también protegerá la privacidad y la información del usuario. A medida que más dispositivos se conecten, la red se volverá más compleja, aumentando la importancia de una gestión de red sólida.

Tabla 14*Presupuesto*

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total
ESP 32	2	S/. 50	S/. 100
Modulo Relé	11	S/. 20	S/. 220
Motores	3	S/. 40	S/. 120
Panel Solar	1	S/. 80	S/. 80
Materiales de oficina/escritorio	1	S/. 100	S/. 100
Herramientas	1	S/. 100	S/. 100
Computadora	1	S/. 500	S/. 5 000
Alexa Amazon	2	S/. 350	S/. 700
Fabricación del módulo relé	1	S/. 100	S/. 100
Accesorios	-	S/. 100	S/. 100
Imprevistos	-	S/. 100	S/. 100
Total			S/. 6 620

Nota. Elaboración propia

REFERENCIAS

- Agama, A., Saa, J., Baldeón, E., & Bajaña, O. (2022). Servidor Web local con Autenticación y Administración de Usuarios basado en ESP32 para Viviendas Inteligentes. Ecuador.
- Aguiar García, J. M. (2017). Diseño de un andador para pacientes con movilidad reducida por enfermedad neurodegenerativa. España.
- Alessandro, L., Olmos, L. E., Bonamico, L., Muzio, D. M., Ahumada, M. H., Russo, M. J., ... & Ameriso, S. F. (2020). Rehabilitación multidisciplinaria para pacientes adultos con accidente cerebrovascular. *Medicina (Buenos Aires)*, 80(1), 54-68. Argentina.
- Altomonte, S., & Schiavon, S. (2013). Occupant satisfaction in LEED and non-LEED certified buildings. *Building and Environment*, 68, 66-76. Italia.
- Andrade Fernández, A. D., & Pinzón González, A. D. (2014). Implementación del sistema de domótica en el hogar. Colombia.
- Amaya Fariño, L. M., Tumbaco Reyes, A. R., Roca Quirumbay, E. T., Villón González, T., Mendoza Morán, B. M., & Reyes Quimís, Á. D. R. (2020). El IoT aplicado a la Domótica. Ecuador.
- Andrade, A., Castillo, C., Cruz, I., Gonzalez, K., Guarda, T., Moreira, D., ... & Quirumbay, A. (2020). Análisis del Estado Actual de Procesamiento de Lenguaje Natural. Ecuador.
- Arancibia, M. L., Cabero, J., & Marín, V. (2020). Creencias sobre la enseñanza y uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en docentes de educación superior. *Formación universitaria*, 13(3), 89-100. Chile.
- Barceló, R. (2021). Disección y análisis del tráfico de red de Amazon Alexa. España.
- Barragán Téllez, D. E., Elvira Cabrera, L. A., Gallegos Muñoz, D. N., Martínez Maldonado, J. J., Pavón Casas, F. A., & Pérez Gonzaga, R. D. (2017). Acoplamiento para silla de ruedas. México.
- Biel Portero, I. (2011). Los derechos humanos de las personas con discapacidad. *Los derechos humanos de las personas con discapacidad*, 1-556. España.
- Calvopiña, A., Tapia, F., & Tello-Oquendo, L. (2020). Uso del asistente virtual Alexa como herramienta de interacción para el monitoreo de clima en hogares inteligentes por medio de Raspberry Pi y DarkSky API. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (36), 102-115. Portugal.

- Cantero, L., Muñoz Navarro, C., & Bueno Martín, A. (2022). Descripción de los pacientes atendidos en la Escuela de Prevención de Fracturas y Caídas en el contexto de una Fracture Liaison Service. FLS Anoia. Revista de Osteoporosis y Metabolismo Mineral, 14(2), 93-97. España.
- Cassany, D. (2000). De lo analógico a lo digital. El futuro de la enseñanza de la composición. Lectura y vida. 2000; 21 (4): 6–15. España.
- Cardona Arango, D., & Peláez, E. (2012). Envejecimiento poblacional en el siglo XXI: oportunidades, retos y preocupaciones. Revista Salud Uninorte, 28(2), 335-348. Colombia.
- Carpio, B., & Guaman, B. (2019). Sistema inteligente basado en asistentes robóticos, aplicaciones móviles y procesamiento del lenguaje natural para generación de preguntas en cuentos educativos dirigidos a niños de 5 a 7 años. Ecuador.
- Charpentier, P., & Aboiron, H. (2001). Clasificación Internacional de las deficiencias, discapacidades y minusvalías. Disponible en World Wide Web en: <http://www.trastornosmentalesyjusticiapenal.com/wpcontent/uploads/1980-clasificacion-deficiencias-discapacidadminusvalias.pdf>. Francia.
- Chávez Cardona, M. A., Rodríguez Spitia, F., & Baradica López, A. (2010). Exoesqueletos para potenciar las capacidades humanas y apoyar la rehabilitación. Revista Ingeniería Biomédica, 4(7), 63-73. Colombia.
- Chung, H., Park, J., & Lee, S. (2017). Digital forensic approaches for Amazon Alexa ecosystem. Digital investigation, 22, S15-S25. Corea del Sur.
- Copa, J. (2017). Diseño de un prototipo de sistema domótico controlado por voz para mejorar la calidad de vida de personas con discapacidad. Bolivia.
- Cortes Jiménez, G., Anzures, M., Sánchez Gálvez, L. A., Larios, M., & Sánchez Gálvez, S. (2022). Una metodología para aplicar un asistente de voz en tesis de ritmo y estilo de aprendizaje para la educación primaria. México.
- Dávila, D. F. L., Santibáñez, L. P., Arias, V., Cabrera, C., Campoblanco, H., & de la Cruz, P. (2001). Día Mundial de la Tierra. Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas, 4(8), 5-22. Perú.
- Domínguez, H. M., & Vacas, F. S. (2006). Domótica: Un enfoque sociotécnico. Fundación Rogelio Segovia para el desarrollo de las Telecomunicaciones. España.
- Espínola Jiménez, A. (2016). La domótica aplicada a la accesibilidad y eliminación de barreras. España.
- Fernández-Betancur, L. D. (2005). Energías alternativas. Colombia.

- García-Ramos, R., Valdés, E. L., Ballesteros, L., Jesús, S. D., & Mir, P. (2016). Informe de la Fundación del Cerebro sobre el impacto social de la enfermedad de Parkinson en España. *Neurología*, 31(6), 401-413. España.
- Gómez Meza, J., Matute, S., & Negrete, T. (2021). Diseño de un prototipo IoT para el monitoreo de material particulado en espacios reducidos utilizando ESP32 con servidor hospedado en la nube. Ecuador.
- Gómez, V., Peña, R., & Hernández, C. (2012). Identificación y Localización de Fallas en Sistemas de Distribución con Medidores de Calidad del Servicio de Energía Eléctrica. Colombia.
- Granados, J. (2022). Sistema electrónico de control de acceso mediante el uso del microcontrolador ESP32 para viviendas inteligentes, edificios inteligentes o establecimientos. Colombia.
- Guerra, M., & Robles, Y. (1995). Sistema nervioso central y envejecimiento. *Revista de Neuro-Psiquiatría*, 58(3), 170-179. Perú.
- Heinz, K. (1995). LEED and DLEED as modern tools for quantitative surface structure determination. *Reports on Progress in Physics*, 58(6), 637. Alemania.
- Herrera Quintero, L. F. (2005). Viviendas inteligentes (domótica). *Ingeniería e investigación*, 25(2), 47-52. Colombia.
- Hernández, L. (2007). Energía, energía fotovoltaica y celdas solares de alta eficiencia. México.
- Hernández Ríos, M. I. (2015). El concepto de discapacidad: de la enfermedad al enfoque de derechos. *Revista CES Derecho*, 6(2), 46-59. Colombia.
- Jiménez, B. T., Andux, I. P., González, J. A. R., Soria, N. R., & García, Y. L. (2009). Factores de riesgo de osteoporosis en el adulto mayor. *Revista Cubana de Reumatología: RCuR*, 11(13), 35-43. Cuba.
- Junestrand, S., Passaret, X., & VAZQUEZ ALVAREZ, D. A. N. I. E. L. (2004). Domótica y hogar digital. Ediciones Paraninfo, SA. España.
- Khan, E. M., Zahid, M., Zahid, T., Ilahi, T., Safdar, I., & Ahmad, I. (2023). Application of IoT for Intelligent Home Automation System. *Pakistan Journal of Engineering and Technology*, 6(1), 63-68. Pakistán.
- Kok, K., Karnouskos, S., Nestle, D., Dimeas, A., Weidlich, A., Warmer, C., ... & Lioliou, V. (2009, June). Smart houses for a smart grid. In *CIRED 2009-20th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution-Part 1* (pp. 1-4). IET. Países Bajos.

- Kumar, D., Paccagnella, R., Murley, P., Hennenfent, E., Mason, J., Bates, A., & Bailey, M. (2018). Skill squatting attacks on Amazon Alexa. In 27th {USENIX} Security Symposium ({USENIX} Security 18) (pp. 33-47). Estados Unidos.
- Labajo Hurtado, R. (2020). Dimensionamiento preliminar y análisis tecno-económico de una planta fotovoltaica con almacenamiento de energía mediante LAES o sales fundidas. España.
- Latinoamericano, C., & de Demografía, C. (2011). Envejecimiento poblacional. Chile.
- Lee, W. L., & Burnett, J. (2008). Benchmarking energy use assessment of HK-BEAM, BREEAM and LEED. *Building and environment*, 43(11), 1882-1891. Hong Kong.
- Lladó, M. (2020). Sistema de control por voz para un entorno domótico adaptado a personas con discapacidad física utilizando modelos ocultos de Markov. España.
- López, J. (2016). Sistema Domótico Para Mejorar El Confort Al Realizar Actividades Para Personas Con Discapacidad De Locomoción Utilizando Tecnología Arduino Y Android. México.
- Leyva-Vázquez, M., & Smarandache, F. (2018). Inteligencia Artificial: retos, perspectivas y papel de la Neutrosofía. México y Estados Unidos.
- Maraza, J. (2021). Prototipo de medidor de agua IoT para el control y monitoreo del consumo de agua potable en hogares de la ciudad de La Paz. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Bolivia.
- Martín, N. R., & Araujo, J. M. (2021). "La más útil joya del hogar": La promoción de los primeros electrodomésticos en España, 1900-1936. *Aportes. Revista de Historia Contemporánea*, 36(107). España.
- Mena, V. G., Molina, F. Q., Catalán, M. L., Valdés, D. O., & Serrano, A. (2014). Eficiencia energética en edificaciones residenciales. *Revista ESTOA*, (5), 63-74. Ecuador.
- Méndez de la Torre, R. (2022). Diseño e Implementación de un Módulo de entrenamiento utilizando el procesador ESP32 para aplicaciones enfocadas a la Domótica. México.
- "Modulo de 4 reles para Arduino". (2015). Profetolocka. Recuperado de <https://www.profetolocka.com.ar/2015/05/09/modulo-de-4-reles-para-arduino/>. Argentina.
- Mor, R. (2022, July 28). ¿Qué se entiende por Persona con Movilidad Reducida (PMR) Moovintec Movilidad. España.

- Moya, J. M. H., & Tejedor, R. J. M. (2006). *Domótica: edificios inteligentes*. Jalisco: Limusa. México.
- Nemegyei, J. Á., Gutiérrez, B. L. N., & Sánchez, J. A. A. (2005). Enfermedades reumáticas y discapacidad laboral en población adulta rural. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 43(4), 287-292. México.
- Novoa, G., & Meneses, S. (2022). Diseño y construcción de un sistema domótico inteligente a escala automatizado para usos residenciales mediante aplicación móvil. Ecuador.
- OMS (2011). *Informe mundial sobre la discapacidad 2011*. Internacional.
- Pascagaza, E. F., & Estrada, L. C. C. (2020). Modernización de la educación virtual y su incidencia en el contexto de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). *Revista Academia y virtualidad*, 13(2), 103-116. Colombia.
- Pereira, R., de Souza, C., Patino, D., & Lata, J. (2022). Plataforma de enseñanza a distancia de microcontroladores e internet de las cosas. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, (28), 53-62. Ecuador.
- Perilla Vergara, S. (2022). Diseño y simulación de un prototipo de silla salvaescaleras de bajo costo para viviendas de personas con movilidad reducida. Colombia.
- Prieto, C. L. (2016). On teaching the history of California Spanish to HLL using Siri: Methodology and procedures. *Journal of New Approaches in Educational Research (NAER Journal)*, 5(2), 107-114. Estados Unidos.
- Rajalakshmi, A., & Shahnasser, H. (2017, September). Internet of Things using Node-Red and alexa. In *2017 17th International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT)* (pp. 1-4). IEEE. Estados Unidos.
- Rendón-Rodríguez, R., & Osuna-Padilla, I. A. (2018). El papel de la nutrición en la prevención y manejo de la sarcopenia en el adulto mayor. *Nutr Clin Med*, 12(1), 23-36. México.
- Rodríguez, A. (2019). Propuesta de diseño de un museo patrimonial cultural con sistema de domótica y certificación leed para la ciudad de Guayaquil. Ecuador.
- Romero, M. S. (2011). El envejecimiento poblacional en Asia y en Europa desde la perspectiva del dividendo demográfico. *Anuario Asia-Pacífico*, 283-292. España.
- Rueda-Panchano, C. I. (2023). Investigación sobre la Aplicación de la Automatización Residencial con el Objetivo de Reducir el Riesgo de Robo en una Vivienda Común. *Ibero-American Journal of Engineering & Technology Studies*, 3(1), 478-485. España.

- Ruiz, J. F. D. (2013). La seguridad vial y las personas de movilidad reducida. España.
- Salgado Chia, M. T., Duaso Magaña, E., Gamboa-Arango, A., & Dalmases Tulcán Taramuel, K. D. (2023). Diseño y desarrollo de un objeto que sirva de apoyo en actividades de aseo personal para personas con movilidad reducida total o parcial de miembros inferiores (Bachelor's thesis, Quito: UCE). Ecuador.
- Solís-Carcaño, R. G., Utsuki-Alexander, T. D., & Vera-Manrique, I. (2018). Estudio de caso: Accesibilidad en viviendas construidas para personas con discapacidad. *Ingeniería*, 22(1), 35-48. México.
- Surià Martínez, R. (2020). Empoderamiento y relación con la satisfacción laboral en personas con movilidad reducida. España.
- Troya, G. (2015). Diseño de una instalación domótica para el control de seguridad, confort y ahorro con protocolo X-10 para vivienda. Guayaquil, Ecuador. Escuela Superior Politécnica del litoral. Ecuador.
- Unge, V. S., & Yalagi, P. S. (2016). Smart home automation: a literature review. *International Journal of Computer Applications*, 975(8887-8891). India.
- Valdiviezo, P. (2014). Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP. Perú.
- Valverde, N. (2022). Manual para la optimización de servicios en proyectos de iluminación en sistemas domóticos en residencias de Lima. Perú.
- Varela Pinedo, L. F. (2016). Salud y calidad de vida en el adulto mayor. *Revista peruana de medicina experimental y salud pública*, 33, 199-201. Perú.
- Vela-Amieva, M., Belmont-Martínez, L., Fernández-Lainez, C., Ramírez-Frías, C., & Ibarra-González, I. (2009). Frecuencia de enfermedades metabólicas congénitas susceptibles de ser identificadas por el tamiz neonatal. *Acta Pediátrica de México*, 30(3), 156-162. México.
- Velasco, M., Hernández Morales, J., & Rivera Pineda, O. (2022). Implementación de un prototipo del sistema para el monitoreo y videovigilancia de las unidades de transporte público en la ciudad de San Salvador basado en IoT y GPS. La Libertad, El Salvador. Universidad Don Bosco. El Salvador.
- Veloz, C. (2016). Modelo para el desarrollo de aplicaciones nativas en android basado en mejores prácticas, metodologías ágiles y elementos del área interacción humano-computadora. Ecuador.

- Weizenbaum, J. (1966). ELIZA—a computer program for the study of natural language communication between man and machine. *Communications of the ACM*, 9(1), 36-45. Estados Unidos.
- Wu, P., Song, Y., Shou, W., Chi, H., Chong, H. Y., & Sutrisna, M. (2017). A comprehensive analysis of the credits obtained by LEED 2009 certified green buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 370-379. China.
- Zapata, P. (2011). Diseño e implementación de electroimán y actuador electrónico aplicado a un sistema de levitación. Colombia.