UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE MECATRÓNICA

IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE RESIDENCIA AUTOMÁTICA USANDO IOT

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Mecatrónica

AUTORES: Isaac Gutemberg Moreira Mogrovejo
Ylber Joervin Silva Tucunango
TUTOR: Tomás Santiago Gavilánez Gamboa

Guayaquil - Ecuador

2024-2025

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Isaac Gutemberg Moreira Mogrovejo** con documento de identificación Nº **0926416579** e **Ylber Joervin Silva Tucunango** con documento de identificación Nº **0924828601**; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo.

Guayaquil, 20 de febreo del año 2025

Atentamente,

Isaac Gutemberg Moreira Mogrovejo
0926416579

Ylber Joervin Silva Tucunango
0924828601

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, **Isaac Gutemberg Moreira Mogrovejo** con documento de identificación N° **0926416579** e **Ylber Joervin Silva Tucunango** con documento de identificación N° **0924828601**, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del **Dispositivo Tecnológico: IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE RESIDENCIA AUTOMÁTICA USANDO IOT**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 20 de febrero del año 2025

Atentamente,

Isaac Gutemberg Moreira Mogrovejo
0926416579

Ylber Joervin Silva Tucunango
0924828601

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Tomás Santiago Gavilánez Gamboa**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE RESIDENCIA AUTOMÁTICA USANDO IOT**, realizado por **Isaac Gutemberg Moreira Mogrovejo** con documento de identificación N° **0926416579** y por **Ylber Joervin Silva Tucunango** con documento de identificación N° **0924828601**, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción **Dispositivo Tecnológico** que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 20 de febrero del año 2025

Atentamente,

Ing. Tomás Santiago Gavilánez Gamboa, Mg.
1802792646

I. DEDICATORIA

Este trabajo de titulación está dedicado a mi padre Aquiles Silva y a mi abuela Blanca Merino, por sus dedicación en ayudarme en mi vida universitaria, sus buenos consejos en todo momento, y sobre todo, su apoyo incondicional en el transcurso de todos estos años de estudio.

A mi tío Freddy Tucunango, por sus buenos consejos para mi vida profesional, siendo así un padre también para mi.

A mi familia Silva, que siempre están presentes en todo momento de mi vida, y han estado ahí en el proceso de mi tesis.

A Karelyn Guaman, que siempre me ha ayudado a no desistir en mis convicciones relacionados a mi estudio y a seguirme motivando a culminar mi carrera.

Ylber Joervin Silva Tucunango

Se dedica este trabajo de titulación a mi padre Wilder Gutemberg Moreira Minaya por la enseñanza y el apoyo en el desarrollo electrónico y consejos para la realización del mismo, a mi madre Ruth Adriana Mogrovejo Cabrera por la motivación, apoyo y cariño para darme aliento en el transcurso de la elaboración del trabajo de titulación, a la señorita Angie Shirley De La A Guzmán por los consejos, motivación y apoyo durante el desarrollo de este trabajo de titulación.

Isaac Gutemberg Moreira Mogrovejo

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios, a mi padre y a mi abuela por su amor incondicional y por inculcarme el valor de la perseverancia para afrontar los retos y dificultades de la vida.

Agradezco a a mi grupo de amistades, que estoy con ellos desde tercer semestre, y han significado un gran apoyo en mi vida universitaria.

Agradezco a toda mi familia, que han sabido escucharme y ayudarme en momentos donde he querido dejar todo atrás.

Ylber Joervin Silva Tucunango

En primer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dios por ser mi guía espiritual y darme la fortaleza y paciencia necesarias durante la elaboración de esta tesis.

Agradezco profundamente a mi familia: a mi padre, Wilder Gutenberg Moreira Minaya; a mi madre, Ruth Adriana Mogrovejo Cabrera; y a mi hermana, Alisson Ariana Moreira Mogrovejo, quienes con su constante apoyo y ayuda incondicional me acompañaron en cada etapa de este desafío académico.

De igual manera, extiendo mi gratitud a la señorita Angie Shirley De la A Guzmán por su invaluable apoyo motivacional, así como por su asesoría en redacción y corrección del documento. Al Ingeniero José Miguitama, reconozco sus aportes técnicos y sus valiosas observaciones durante la implementación del esquema electrónico. Al joven Brad López, agradezco su colaboración en la elaboración del prototipo del proyecto de residencia.

A cada una de estas personas les expreso mi profundo agradecimiento, pues sin su respaldo, orientación y dedicación, este trabajo no habría sido posible.

Isaac Gutemberg Moreira Mogrovejo

II. RESUMEN

El presente proyecto presenta la implementación de un prototipo de residencia automática utilizando Internet de las Cosas (IoT), con el objetivo de optimizar la gestión energética y el confort en hogares. Para ello, se diseñó una maqueta estructural desde cero utilizando material MDF, cuya resistencia mecánica fue validada mediante simulaciones en software de desarrollo CAD, aplicando el análisis de Von Mises para garantizar su integridad ante cargas estáticas y dinámicas. Posteriormente, se integraron sensores (de temperatura, movimiento y luminosidad) y actuadores (interruptores inteligentes y reguladores de iluminación), conectados a un sistema IoT basado en microcontroladores para el monitoreo y control remoto.

El prototipo permitió automatizar funciones clave como el ajuste de temperatura, la activación de iluminación según presencia, y el apagado programado de dispositivos. Para evaluar su eficiencia, se realizó un análisis comparativo del consumo energético entre el prototipo y un hogar promedio no automatizado. Los resultados demostraron no solo la viabilidad técnica del sistema, sino también su potencial para escalarse en entornos reales. Este trabajo aporta una solución innovadora y sostenible en automatización residencial, destacando la sinergia entre diseño mecánico riguroso, tecnologías IoT accesibles y gestión energética inteligente.

Palabras claves: Arduino Iot Cloud, Arduino MKR 1010 wifi, MQTT, Broker.

ABSTRACT

This thesis presents the implementation of an automated residential prototype using the Internet of Things (IoT), aimed at optimizing energy management and comfort in households. A structural scale model was designed from scratch using MDF material, with its mechanical resistance validated through CAD software simulations, applying Von Mises stress analysis to ensure structural integrity under static and dynamic loads. Subsequently, sensors (temperature, motion, and light) and actuators (smart switches and lighting regulators) were integrated, connected to an IoT system based on microcontrollers for remote monitoring and control.

The prototype enabled the automation of key functions such as temperature adjustment, presence-based lighting activation, and scheduled device shutdowns. To assess its efficiency, a comparative analysis of energy consumption was conducted between the prototype and a non-automated average household. The results demonstrated not only the technical feasibility of the system but also its potential for scaling in real environments. This work provides an innovative and sustainable solution for residential automation, highlighting the synergy between rigorous mechanical design, accessible IoT technologies, and intelligent energy management.

Keywords: Arduino Iot Cloud, Arduino MKR 1010 wifi, MQTT, Broker.

ÍNDICE

I. Dedicatoria 5

II. Resumen 7

III. Introducción 1

IV. PROBLEMA 2

V. JUSTIFICACIÓN 3

VI. OBJETIVOS 4
VI-A. Objetivo general . . . 4
VI-B. Objetivos específicos . . . 4

VII. FUNDAMENTOS TEÓRICOS 5
VII-A. Residencias . . . 5
VII-B. Domótica . . . 7
VII-B1. Arquitecturas IOT . . . 8
VII-B2. Protocolos de Comunicación . . . 10
VII-B3. Seguridad en Sistemas IoT . . . 10
VII-B4. Sistemas domóticos comerciales . . . 11
VII-C. Gestión de recursos usando domótica . . . 13
VII-C1. Uso de Energías Renovables en Viviendas Automatizadas . . . 14

VIII. MARCO METODOLÓGICO 16
VIII-A. Análisis . . . 17
VIII-B. Diseño . . . 17
VIII-B1. Diseño mecánico . . . 18
VIII-B2. Diseño electrónico . . . 21
VIII-B3. Programación . . . 29
VIII-B4. IOT . . . 33
VIII-C. Simulación . . . 35
VIII-C1. Implementación . . . 41
VIII-D. Validación . . . 46

IX. CRONOGRAMA 48

X. PRESUPUESTO 49

XI. Conclusiones 50

XII. Recomendaciones 51

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Consumo promedio en un hogar [20]. . . . 6
2. Representación de la domótica [31]. . . . 7
3. Arquitectura IoT 9
4. Diagrama de comunicación MQTT. . . . 10
5. Iot en edificaciones 11
6. Amazon alexa y Google Assistant 11
7. Monitoreo Remoto 13
8. Control energético con la domótica 14
9. Representación del uso de Renovables 15
10. Proceso de la metodología 16
11. Diagrama del funcionamiento del sistema 16
12. Gráfica de porcentaje de electrodomésticos en el consumo energético 17
13. Dimensiones del prototipo de residencia 18
14. Prototipo Maqueta Vista Isométrica 19
15. Propiedades del MDF [51] 19
16. Propiedades escogidas del MDF 20
17. Análisis de von Mises 20
18. Análisis de desplazamiento 21
19. Ubicación de sensores y actuadores 22
20. Diagrama de conexión 25
21. Sensor de Movimiento PIR HC-SR501 26
22. Sensor Vibración SW-420 26
23. Sensor de temperatura y humedad DHT22 27
24. Sensor MQ-2 Gas 27
25. Módulo Sensor de Corriente ACS712-5A 27
26. Módulo relé 8 canales 5V DC 28
27. Motor 5V DC 28
28. Diagrama de flujo del sensor de movimiento 29
29. Diagrama de flujo del sensor de vibración 30
30. Diagrama de flujo del sensor de temperatura 31
31. Diagrama de flujo del sensor de gas 32
32. Diagrama de flujo del sensor de corriente 33
33. Asignación Variable Consumo Corriente 34
34. Dashboard IoT Cloud 35
35. Conexión electrónica del Sensor de Movimiento 36
36. Diagrama esquemático del Sensor de Movimiento 36
37. Conexión electrónica del Sensor de Vibración 37
38. Diagrama esquemático del Sensor de Vibración 37
39. Conexión electrónica del Sensor de Temperatura 38
40. Diagrama esquemático del Sensor de Temperatura 38
41. Conexión electrónica del Sensor de Gas 39
42. Diagrama esquemático del Sensor de Gas 39
43. Conexión electrónica del Sensor de Corriente 40
44. Diagrama esquemático del Sensor de Corriente 40
45. Boceto de la maqueta 41
46. Montaje de la maqueta 42
47. Fijación de elementos y conexión de alimentación 43
48. Conexión de sensores y actuadores 44
49. Dashboard del sistema 44

50. Ubicación de los elementos electrónicos 45
51. Prototipo terminado 46
52. Cronograma 48

ÍNDICE DE TABLAS

I. Consumo de energía en términos de corriente [27]. 6
II. Tipo de inseguridades en sistemas IoT [46] 12
III. Tabla de ubicación de los sensores 22
IV. Tabla comparativa de sensores de movimiento 23
V. Tabla comparativa de sensores de vibración 23
VI. Tabla comparativa de sensores de temperatura 23
VII. Tabla comparativa de sensores de gas 23
VIII. Tala comparativa de sensores de corriente 23
IX. Tabla de pines de conexión 24
X. Tabla de elementos electrónicos 45
XI. Tabla del consumo eléctrico del prototipo 46
XII. Tabla del consumo eléctrico de la vivienda 1 47
XIII. Tabla del consumo eléctrico de la vivienda 2 47
XIV. Tabla de presupuesto 49

III. Introducción

El presente trabajo se centra en la implementación de un prototipo de residencia automática basado en IoT, con el objetivo de demostrar cómo la sinergia entre diseño mecánico riguroso y tecnologías abiertas puede optimizar la gestión energética y operativa en viviendas. Partiendo de una maqueta fabricada en MDF, cuyo diseño estructural fue validado mediante simulaciones CAD y análisis de Von Mises, se integraron componentes IoT para controlar variables críticas como temperatura, iluminación y consumo eléctrico. Este enfoque no solo garantiza la resistencia física del modelo, sino que también prioriza la accesibilidad tecnológica y la sostenibilidad.

A diferencia de soluciones comerciales existentes, este prototipo propone un sistema modular y de bajo costo, adaptable a diferentes escalas y condiciones. Además, el análisis comparativo de consumo entre el prototipo automatizado y un hogar tradicional aporta datos cuantitativos que respaldan su eficacia, consolidando su potencial como alternativa viable en el mercado de la automatización residencial.

Este estudio permite demostrar que la combinación de herramientas de simulación mecánica, materiales económicos (como el MDF) y plataformas IoT de código abierto puede democratizar el acceso a la domótica, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en materia de energía asequible y ciudades sostenibles. Los resultados obtenidos no solo validan la viabilidad técnica del sistema, sino que también establecen un precedente para futuras investigaciones en integración de tecnologías emergentes en entornos cotidianos.

IV. PROBLEMA

A lo largo de los años, la tecnología ha tenido grandes avances significativos produciendo un gran efecto desde el aspecto geográfico y diversos sectores, un ejemplo de ello, es en la industria productiva, las actividades que tienen la oportunidad de ser automatizadas y equivalen a 1.100 millones de empleados. La automatización es un fenómeno mundial que, debido a su crecimiento ha permitido el uso de la automatización dentro de los hogares, sin embargo, la implementación de esta tecnología representa la mitad de los salarios, siendo así una cuenta clara del elevado costo de inversión, entendiendo así la dependencia de cada país para su implementación [1].

Adicionalmente, en una residencia se presentan diversos problemas durante su vida cotidiana, algunos de ellos son: el elevado consumo eléctrico, la incomodidad debido al incremento de la temperatura del ambiente [2], la mala iluminación en ciertas áreas del lugar [3], y la inseguridad que puede presentarse en el interior de ella a causa de fugas de gas o fallos eléctricos, por otra parte, en la parte exterior de la residencia puede encontrarse con intento de vulneraciones en la puertas poniendo en peligro la vida y bienes de los residentes [4]. Un electrodoméstico común conectado consumen una carga que fluctúa desde 1.65 KWh hasta 1.74 KWh por día en la ocupación, ya que, el consumo eléctrico en una estructura residencial según el estudio analítico que tuvo lugar en una residencia de aproximadamente 93 metros cuadrados en California, dio como resultado, que por efecto de la ocupación y del hábito de vida de las personas, el consumo energético incrementa de un 7 % 10 % cuando la ocupación en la residencia se duplica de 10 a 25 personas [5].

En el interior de la residencia se perciben incomodidades, tales como, el incremento de la temperatura del ambiente, la razón es debido a la situación geográfica [5], ya que, el clima aporta de forma directa y representativa. A causa de ese factor hacen uso de los sistemas de aire acondicionados con el fin de asegurar el confort térmico en la edificación provocando un aumento en el consumo energético [6], que según los datos obtenidos en el estudio del análisis de la demanda de enfriamiento realizado en el 2018, evaluó que la demanda de electricidad fue 22.9 TWh que representa el 33 % y estiman que puede aumentar hasta el 42.8 % considerado el 32.7 TWh para el 2030 con el incremento de la temperatura [7]. Otra de las incomodidades es que existen ciertas áreas de la residencia que se encuentra con poca iluminación o con mucha intensidad luminosa, provocando a largo plazo una considerable fatiga ocular, reducción en la percepción visual, cansancio y dolor de cabeza, ya que, el cambio de luz afecta de manera peligrosa a los ojos [8].

El aumento de la violencia y delincuencia son elementos primordiales que afectan a las personas que habitan en países latinoamericanos produciendo una sensación de temor e inseguridad [9]. No obstante, la seguridad de los residentes puede verse atentada por las fugas de gas y fallos eléctricos dentro de la residencia, como evidencia de estos dos factores, en Quito se reportaron 116 casos de fugas desde el 1 al 20 de mayo, donde se hicieron 6 reportes diarios durante ese mes [10], mientras que, en las Estadísticas de la Policía Federal de la República de Argentina expuso que en el país alrededor del 40 % de los incendios son originados por fallos eléctricos.

En resumen, el consumo de la energía a nivel mundial sigue en crecimiento debido a las demandas socioeconómicas de los países y por el aumento de la población mundial que según estudios para el 2050 llegará a los 9.100 millones de habitantes con la finalidad de abarcar las necesidades de la humanidad [11], en el que si no se mantiene o aumente la generación de la energía el sistema se verá afectado por un colapso. En Europa la red eléctrica depende del gas natural de manera crucial, a causa de la insuficiencia del gas natural se puede desatar apagones con largas duraciones [12], como se lo evidencia en el Ecuador, que se ha visto envuelta en una crisis energética desde el mes de abril del presente año y que siguen vigentes hasta este mes de octubre, esto se debe a la falta del nivel necesario de agua en las represas de las hidroeléctricas, provocando los cortes del servicio eléctrico desde de 8 a 14 horas diarias en diferentes sectores del país, con el fin del racionamiento de la energía.

V. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, la tecnología ha permeado todos los aspectos de nuestras vidas, transformando la manera en que nos relacionamos, trabajamos y vivimos. La constante evolución de dispositivos inteligentes y la conectividad universal han dado lugar a un nuevo paradigma: el Internet de las Cosas (IoT). Este concepto revolucionario se refiere a la interconexión digital de objetos cotidianos, permitiendo su monitoreo y control remoto a través de internet [13]. La creciente demanda por soluciones más eficientes y personalizadas ha llevado a la exploración de aplicaciones del IoT en diversos ámbitos, siendo el hogar uno de los más prometedores. La automatización de tareas domésticas, el ahorro energético y la mejora de la seguridad son solo algunos de los beneficios que ofrecen las residencias inteligentes.

La domótica permite optimizar el consumo energético en viviendas y edificios mediante la automatización y control inteligente de sistemas como iluminación, climatización y electrodomésticos. Estudios comparativos realizado en hogares domotizados muestra una reducción promedio del 20-30 % en el consumo eléctrico y del 15-30 % en el consumo de gas en comparación con hogares no domotizados [14]. Esto se traduce en un ahorro significativo en las facturas de servicios públicos, lo cual es beneficioso tanto para los usuarios como para el medio ambiente dando una nueva manera de adaptación a los habitantes con la posibilidad de controlar la iluminación, la temperatura, el audio y otros sistemas desde dispositivos móviles o mediante comandos de voz brinda una experiencia de usuario más conveniente y personalizada [15].

La automatización y la intervención humana coexisten en un equilibrio dinámico. Mientras los sistemas automatizados ejecutan tareas repetitivas, el juicio humano sigue siendo indispensable para la resolución de problemas y la toma de decisiones estratégicas incluyendo el concepto de gestión remota de dispositivos domésticos a través de Internet desde cualquier lugar y en cualquier momento del mundo que a día de hoy, es hoy ya es evidenciado. El único inconveniente que podría existir, es la aparición de zonas con baja deficiencia conectiva a internet, que puede desencadenar una interrupción de las tareas automatizas previamente establecidas por el usuario [16].

Dado que los hogares representan una porción significativa del consumo energético total, se hace necesario implementar tecnologías que reduzcan este gasto [17]. La domótica emerge como una solución prometedora [18], permitiendo gestionar de manera inteligente los dispositivos domésticos, lo que se traduce en mayor comodidad, seguridad y ahorro económico. En el estudio propuesto [19] se establece un tipo de red central, en donde todos los dispotivos dentro de una misma red doméstica, puedan funcionar de manera sincrónica, sin perder la comunicación entre dispositivos.

Por las razones expuestas, este proyecto se presenta como una solución para para monitorear el consumo energético controlando el tiempo de encendido de interruptores, focos, sensores y dispositivos de seguridad. Muestra una oportunidad para explorar nuevas aplicaciones del IoT en el ámbito residencial y de generar conocimiento científico en esta área, lo que lo convierte en una propuesta de gran relevancia y actualidad.

VI. OBJETIVOS

VI-A. Objetivo general

Implementar un prototipo de residencia automatizada controlando temperatura, iluminación e interruptores mediante IOT.

VI-B. Objetivos específicos

1. Diseñar la estructura mecánica del prototipo verificando su resistencia mediante software de simulación.

2. Implementar sensores y actuadores para el control de temperatura, iluminación e interruptores mediante IOT.

3. Realizar un análisis comparativo del consumo energético del prototipo en contraste con un hogar promedio.

VII. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

En esta sección se tratará los conceptos relevantes respecto al tema relacionado en el proyecto. Primero se abordará sobre los tipos de residencia para tener un mejor comprensión y un panorama general de los problemas que aborda un hogar promedio. Finalmente se verán algunas aplicaciones Iot para determinar características relevantes de cada uno de ellos.

VII-A. Residencias

Un hogar es mucho más que un espacio físico; es un refugio donde se busca seguridad, confort y bienestar. Sin embargo, muchos hogares se enfrentan a desafíos que afectan a su calidad de vida [20]. La iluminación inadecuada, ya sea por exceso, defecto o mala distribución, puede generar ambientes poco acogedores y hasta perjudiciales para la salud visual. La inseguridad, derivada de accesos no controlados, falta de iluminación exterior y sistemas de seguridad deficientes, representa una preocupación constante para los residentes. Finalmente, el consumo excesivo de energía, principalmente debido a electrodomésticos ineficientes y hábitos de consumo inadecuados, impacta tanto en el bolsillo como en el medio ambiente.

La iluminación, elemento fundamental en cualquier entorno, desempeña un papel crucial en la calidad de vida y el bienestar de los residentes. Una iluminación adecuada no sólo crea ambientes agradables, sino que también influye en la salud visual, el estado de ánimo y la productividad [21]. La falta de luz suficiente puede provocar fatiga visual, dolores de cabeza y dificultar la realización de tareas cotidianas. Por esa razón, es necesario establecer desde un inicio los puntos de mayor apogeo para las iluminarias a utilizar dentro del hogar. La sensación de inseguridad en el hogar puede manifestarse de diversas formas, desde la preocupación por robos hasta el miedo a intrusiones. La ausencia de sistemas de alarma, cerraduras de seguridad, rejas o cámaras de vigilancia hace que las viviendas sean más vulnerables a intrusiones [22]. Las zonas oscuras alrededor de la vivienda pueden atraer a posibles intrusos y dificultar la detección de movimientos sospechosos. El consumo eléctrico en los hogares puede ser un tema complejo, influenciado por diversos factores como la antigüedad de la vivienda, el tamaño de la familia, los hábitos de consumo y la eficiencia de los electrodomésticos [23]. Pequeños hábitos como dejar las luces encendidas o la televisión en modo reposo, pueden sumar un consumo considerable a largo plazo que estaría relacionado al consumo fantasma que provocan los electrodomésticos que continúan consumiendo energía incluso cuando están apagados [24].

El creciente desarrollo tecnológico ha aumentado exponencialmente la demanda de electricidad, llevando a un consumo desmedido, muchas veces inconsciente, por parte de la población. En el ámbito doméstico, este fenómeno se manifiesta de manera evidente, pues el hogar promedio se ha transformado en un conglomerado de dispositivos electrónicos que requieren energía eléctrica para funcionar [25].

El consumo energético se ha concentrado y amplificado dentro de los hogares empezando desde la cocina, corazón de la vivienda, donde electrodomésticos como refrigeradores, estufas y lavavajillas operan de manera constante, hasta las habitaciones, equipadas con sistemas de iluminación, climatización y dispositivos electrónicos, cada espacio contribuye a la demanda eléctrica total. La sala de estar, por su parte, se ha transformado en un centro de entretenimiento, con televisores, computadoras y consolas de videojuegos que demandan una cantidad considerable de energía. Todo esto implica un consumo promedio de 270 kWh al mes, siendo distribuidos de: calefacción y el aire acondicionado consumen un 7.4 % y 7.5 % respectivamente; los electrodomésticos de cocina, un 9.3 %; la refrigeración, un 2.3 %; la iluminación, un 11.7 %; otros electrodomésticos, un 55.2 %; y la función stand-by (modo de espera), un 6.6 % [26]. Estos datos revelan que la mayor parte de la energía se destina al funcionamiento continuo de diversos aparatos, incluso cuando no están en uso constante. En la tabla 1 se muestran los aparatos y los amperios que consumen cada uno de ellos.

Aparato	Amperes	Aparato	Amperes
Aire acondicionado central	21 (240 volts)	Secadora de pelo	5 a 10
Aire acondicionado de ventana	6 a 13	Calentador portátil	7 a 12
Licuadora	2 a 4	Horno de microondas	6 a 13
Parrilla	12,5	Horno o estufa de cocina	16 a 32 (240 volts)
Abrelatas	1,2	Refrigerador	7 a 15
Sierra circular	10 a 12	Acanalador Router	8
Cafetera	4 a 8	Lijadora portátil	2 a 5
Secador de ropa	16,5 a 34 (240 volts)	Lijadora de mesa	7 a 10
Plancha	9	Máquina de coser	1
Computadora	4 a 7	Estéreo	2,5 a 4
Lavaplatos	8,5 a 12,5	Televisión blanco y negro	2
Taladro portátil	2 a 8	Televisión a color	2,5
Ventilador de techo	3,5	Tostador	9
Ventilador portátil	2	Empacador de basura	4 a 8
Congelador	2 a 4	Aspiradora	6 a 11
Sartén eléctrico	9	Wafflera	7,5
Horno, gas a presión	6,5 a 13	Lavadora	13
Triturador de basura	3,5 a 7,5	Calentador de agua	10,5 a 21 (240 volts)
Molino de carne	10	Regulador de voltaje	5 a 10

Tabla I
CONSUMO DE ENERGÍA EN TÉRMINOS DE CORRIENTE [27].

El acceso al agua, un derecho humano fundamental, presenta una variabilidad significativa a nivel mundial. Estudios indican que una persona requiere al menos 50 litros de agua diarios para cubrir sus necesidades básicas, sin embargo, el consumo promedio varía considerablemente entre países. Mientras naciones desarrolladas como Estados Unidos y Canadá registran consumos domésticos de hasta 766 litros por persona al día, países como Brasil y Bangladesh, con menor desarrollo, presentan consumos inferiores a los 200 litros anuales per cápita [28]. En un hogar, la cocina es el punto clave en el consumo de agua debido a su frecuente uso a diario, así como los lavavajillas, los fregaderos y la preparación de alimentos. En la Figura 1 se evidencia una gráfica porcentual circular, de la cual, actividades aparentemente simples como lavar los platos o cocinar pueden tener un impacto significativo en el consumo hídrico.

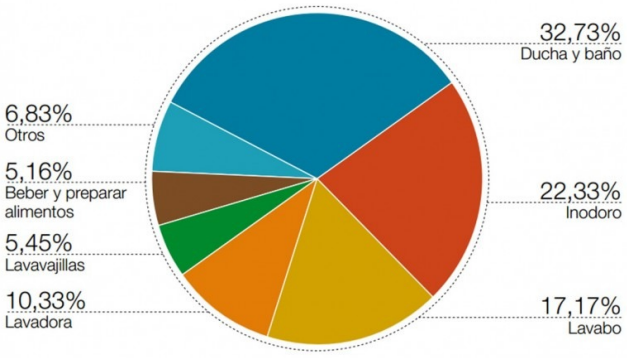

Figura 1. Consumo promedio en un hogar [20].

La distribución de los puntos eléctricos en una vivienda es un factor crucial. Tomacorrientes estratégicamente

ubicados en cada habitación permiten conectar una amplia variedad de dispositivos. Sin embargo, esta comodidad tiene un costo energético. El creciente uso de dispositivos electrónicos como televisores, consolas y equipos de sonido ha llevado a un aumento significativo en la demanda de tomacorrientes. Las zonas más concurrentes de tomas son: laterales de la televisión, en la parte de atrás de los sofás y en la zona de la computadora [29]. El número de enchufes que necesita una familia varía según su estilo de vida y la cantidad de dispositivos que tengan. Interruptores, que controlan el flujo de electricidad hacia las lámparas y otros equipos, también desempeñan un papel fundamental en la gestión de la energía en el hogar. Es importante destacar que la demanda eléctrica de un hogar no es estática, sino que varía en función de diversos factores. El tamaño de la vivienda, el número de habitantes, los hábitos de consumo y la eficiencia energética de los aparatos son algunos de los elementos que influyen en el consumo total. Por ejemplo, una familia numerosa que vive en una casa grande y utiliza constantemente el aire acondicionado tendrá un consumo energético mayor que una pareja que habita un apartamento pequeño y adopta hábitos de consumo más sostenibles.

Una vez analizado los principales factores de un hogar promedio, se va analizar la domótica en una perspectiva de consumo eléctrico.

VII-B. Domótica

La domótica va más allá de la simple comodidad; se trata de crear hogares más eficientes y sostenibles. Al automatizar tareas y optimizar el consumo de energía, los sistemas domóticos contribuyen a reducir la huella de carbono y a generar ahorros económicos. Además, estos sistemas permiten una gestión inteligente de los recursos, como el agua y la energía, adaptándose a nuestros hábitos y preferencias. La interconexión de los dispositivos y la posibilidad de controlarlos a través de interfaces intuitivas hacen que la domótica sea una tecnología accesible y fácil de usar, incluso para aquellos que no son expertos en tecnología [30].

Un sistema domótico eficiente requiere la integración de una amplia gama de dispositivos de automatización y control mostradas en la Figura 2. Estos elementos, que pueden ser tan simples como un sensor o tan complejos como una pasarela, son esenciales para garantizar el funcionamiento óptimo del sistema. Para optimizar recursos, muchos de estos dispositivos combinan múltiples funcionalidades, como la capacidad de actuar como sensor y actuador simultáneamente.

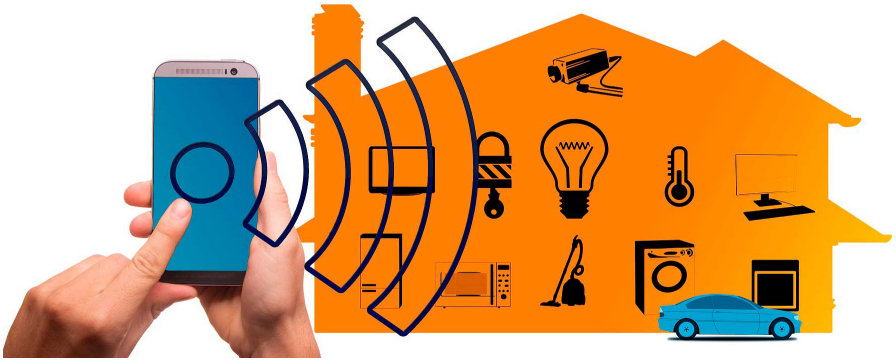

Figura 2. Representación de la domótica [31].

Los hogares tradicionales son mucho más que simples estructuras; son el corazón de las comunidades y el reflejo de las costumbres, tradiciones y valores de cada cultura [32]. Estos espacios, construidos con materiales locales y técnicas ancestrales, han sido por siglos el lugar donde las familias se reúnen, comparten y crean recuerdos inolvidables. En ellos, cada rincón cuenta una historia y cada objeto tiene un significado especial. La arquitectura tradicional, adaptada a las condiciones climáticas y geográficas de cada región, ha demostrado ser resistente y

sostenible a lo largo del tiempo.

La evolución tecnológica plantea un desafío interesante: cómo integrar la automatización en los hogares tradicionales. La domótica, con su capacidad para controlar funciones como la iluminación o la seguridad, presenta una oportunidad para modernizar estos espacios sin desvirtuar su esencia [33]. A pesar de que la idea de una casa inteligente en un entorno tradicional pueda resultar extraña, la realidad es que ambas concepciones pueden complementarse.

Las residencias automatizadas, o smart homes, representan una revolución en la forma en que vivimos. Su importancia radica en la mejora sustancial de la calidad de vida [34]. Al automatizar tareas cotidianas, los habitantes de estas viviendas ganan tiempo libre y reducen el estrés. Además, la seguridad se ve significativamente reforzada gracias a sistemas de vigilancia y control de acceso remotos. Pero los beneficios van más allá de la comodidad y la seguridad. Las residencias automatizadas contribuyen a la eficiencia energética, al permitir optimizar el consumo de recursos y reducir la huella de carbono permitiendo el paso de un hogar conectado y lleva el estilo de vida cotidiano a uno inteligente y sostenible.

Los beneficios de las residencias automatizadas son múltiples y variados. En primer lugar, ofrecen un alto nivel de comodidad, permitiendo a los usuarios controlar su hogar desde cualquier lugar y en cualquier momento [35]. La personalización es otro aspecto clave, ya que los sistemas pueden adaptarse a las necesidades y preferencias individuales de cada habitante. Además, la seguridad se ve reforzada gracias a sistemas de vigilancia y detección de intrusos. La eficiencia energética es otro beneficio destacado, ya que estas viviendas permiten optimizar el consumo de energía y reducir los costos. Por último, las residencias automatizadas ofrecen una mayor accesibilidad, especialmente para personas con movilidad reducida o discapacidades.

Las tendencias en residencias automatizadas son cada vez más prometedoras. La inteligencia artificial está jugando un papel fundamental, permitiendo que los sistemas aprendan de los hábitos de los usuarios y se adapten a sus necesidades de forma proactiva. El Internet de las Cosas (IoT) está conectando cada vez más dispositivos, creando hogares más inteligentes y conectados [36]. La sostenibilidad también es una tendencia clave, con un creciente interés en soluciones domóticas ecológicas y eficientes energéticamente. La personalización masiva es otra tendencia importante, ya que los fabricantes buscan ofrecer soluciones personalizadas para cada usuario junto con la integración con sistemas de seguridad. Por otro lado, las arquitecturas IoT están diseñando hogares inteligentes que incorporan sensores y dispositivos conectados para optimizar el uso de recursos, mejorar la experiencia de los usuarios y facilitar la gestión de las instalaciones. Estas arquitecturas están transformando la forma en que concebimos y construimos nuestros espacios, creando entornos más sostenibles y adaptables a las necesidades cambiantes [37].

VII-B1. Arquitecturas IOT: El Internet de las Cosas representa una nueva era de la tecnología, donde objetos cotidianos se transforman en nodos de una red global. Gracias a los avances en microelectrónica y telecomunicaciones, millones de dispositivos están conectados a internet, generando una enorme cantidad de datos. Esta información puede ser utilizada para mejorar la eficiencia en diversos ámbitos, desde la industria hasta el hogar, creando entornos más inteligentes y personalizados [38] .
Para el diseño previamente mencionado, se va a usar la arquitectura de 4 capas debido a que se caracteriza por su estructura modular y jerárquica, lo que facilita la comprensión y el diseño de sistemas IoT [39]. Cada capa cumple una función específica y se comunica con las adyacentes sin afectar el envío, recepción y visualización de datos.

- Capa de percepción/detección : La capa de percepción es el pilar fundamental de cualquier sistema IoT. Actúa como la interfaz entre el mundo físico y el sistema digital, recolectando datos a través de sensores y actuadores. Estos elementos captan información del entorno, como temperatura, humedad o movimiento, y la transforman en datos digitales que pueden ser procesados por las capas superiores. Gracias a esta capa, los sistemas IoT pueden monitorear y controlar diversos procesos, desde la producción industrial hasta el hogar inteligente [40].

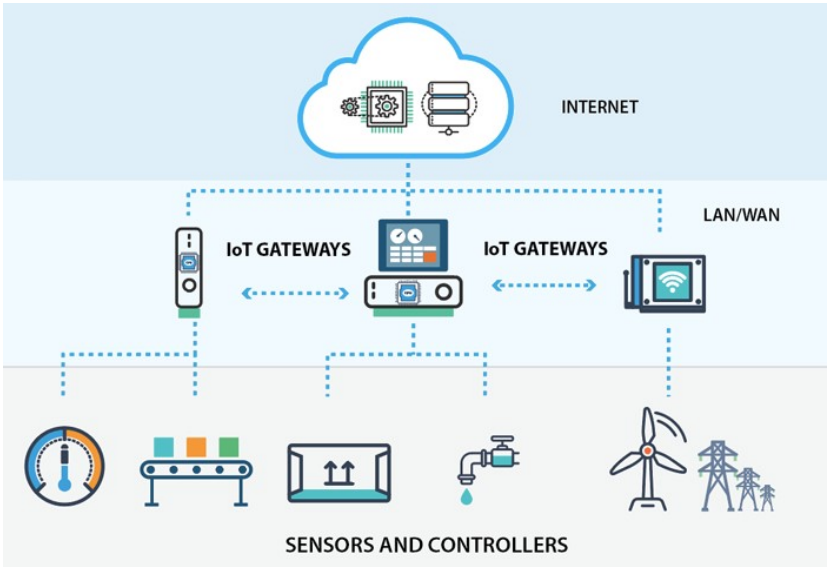

Figura 3. Arquitectura IoT

- Capa de conectividad/red : La capa de red es el nexo fundamental que interconecta todos los elementos de un sistema IoT. Esta capa, esencialmente un puente digital, emplea protocolos especializados como HTTP, MQTT y AMQP para facilitar la comunicación entre dispositivos y aplicaciones. Para garantizar la seguridad de la información transmitida, se implementa un robusto sistema de cifrado basado en claves asimétricas. Este mecanismo utiliza pares de claves únicas (pública y privada) para encriptar y desencriptar los datos, asegurando que solo el destinatario autorizado pueda acceder a la información [40].

- Capa de procesamiento de datos : La capa de procesamiento es el cerebro de un sistema IoT. En esta etapa, la vasta cantidad de datos recopilados por los sensores se transforma en información valiosa y accionable. A través de sofisticados algoritmos de inteligencia artificial y aprendizaje automático, los datos brutos son analizados, filtrados y refinados para extraer patrones y tendencias relevantes. Este proceso permite a las empresas tomar decisiones más informadas y optimizar sus operaciones [40].

- Interfaz de usuario/capa de aplicación : La capa de aplicación es la puerta de entrada que permite a las personas interactuar de manera intuitiva con los sistemas IoT. Esta capa, a través de interfaces amigables como aplicaciones móviles o paneles de control web, proporciona un puente entre el mundo digital y el usuario final [40].

La conectividad, en el contexto de la domótica y el Internet de las Cosas (IoT), se rige como un factor determinante para garantizar el funcionamiento óptimo de múltiples dispositivos inteligentes. El caso de estudio [41] expone una situación en la que, ante la ausencia de una señal WiFi estable, un dispositivo convencional puede volverse prácticamente inservible, sobre todo en aquellas zonas alejadas del punto de acceso principal —como patios o sótanos—. Si bien la instalación de extensores de WiFi ayuda a dirigir la falta de cobertura en áreas con escasa intensidad de señal, esta opción no suele resultar ni escalable ni económica cuando se trata de espacios exteriores. Frente a tal panorama, las redes mesh emergen como una solución eficaz: cada nodo no solo actúa como repetidor, sino que además permite la toma de datos y el control local de diversos elementos (por ejemplo, el encendido o apagado de luces o bombas). Esta arquitectura, al funcionar como una malla, evita la necesidad de numerosos repetidores en cada punto y, al mismo tiempo, facilita la incorporación de nuevos sensores o actuadores sin mayores complicaciones técnicas. En este sentido, la integración de dichas redes dentro de una vivienda inteligente propicia la ampliación modular de la conectividad, abriendo la posibilidad de desplegar soluciones IoT en áreas que antes

quedaban fuera del alcance de la red.

VII-B2. Protocolos de Comunicación: MQTT es un protocolo de mensajería extremadamente sencillo y eficiente, ideal para conectar dispositivos con recursos limitados a Internet [42]. Su diseño ligero lo hace perfecto para aplicaciones IoT, donde la banda ancha y la capacidad de procesamiento son escasas. Para garantizar la fiabilidad de la comunicación, MQTT suele operar sobre TCP, un protocolo de transporte que proporciona un canal de comunicación confiable y ordenado. Este protocolo, comúnmente configurado en el puerto 1883 (broker), asegura que los mensajes enviados lleguen a su destino de manera segura y en el orden correcto [43]. En la Figura 4 se puede ver el diagrama de comunicación MQTT.

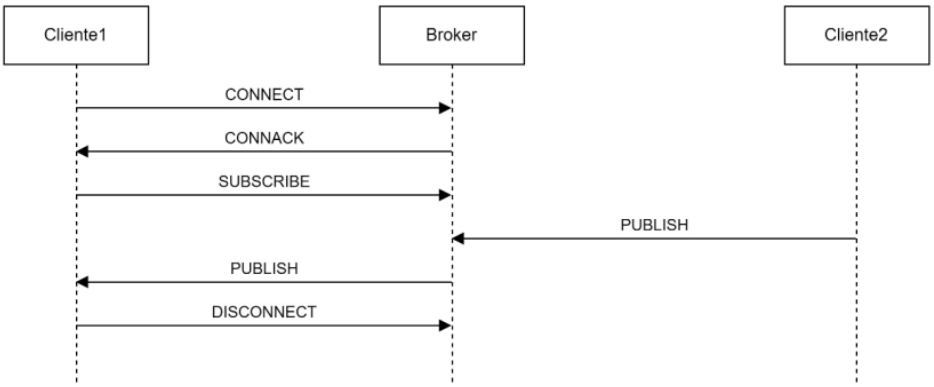

Figura 4. Diagrama de comunicación MQTT.

Gracias a su diseño ligero, MQTT permite que el cliente 1 reciba de manera confiable los datos enviados por el cliente 2, siempre y cuando este último ya se encuentre conectado al broker. Esta característica hace que sea una excelente elección para sistemas embebidos, los cuales suelen tener recursos computacionales limitados.

VII-B3. Seguridad en Sistemas IoT: Una amenaza se define como cualquier elemento que pueda explotar una debilidad inherente en un sistema informático, su gente o sus procesos [44] . A la hora de implementar un sistema IoT, es muy importante considerar diversos factores de seguridad: vulnerabilidades, ataques y compromisos que pueden perjudicar su correcto funcionamiento. Después de clasificar los activos de IoT, se pueden identificar las amenazas más importantes y su impacto potencial en esos activos. Estas amenazas se pueden clasificar por categoría (ataque, escuchas ilegales, interrupción, etc.), tipo (malware, ataques dirigidos, etc.), nivel de impacto y activos afectados. Las amenazas comunes incluyen malware, abuso, ataques dirigidos, ataques DDoS, phishing, violaciones de la privacidad, manipulación de datos, ataques de intermediario, exfiltración de protocolos e interrupciones del servicio [45]. A continuación, se muestra la tabla 2 con los tipo de inseguridades en sistemas IoT.

VII-B4. Sistemas domóticos comerciales: Los sistemas domóticos comerciales son soluciones tecnológicas que tienen el propósito de facilitar la automatización y gestión de distintos aspectos dentro del entorno residencial, comercial o corporativo mediante una serie de dispositivos interconectados y plataformas centralizadas. Este tipo de sistemas son principalmente llamativos por su capacidad de optimizar el consumo energético, mejorar la seguridad y ofrecer al usuario, algún tipo de comodidad mediante el teléfono móvil o asistente de voz. Se ha visto una aceptación por parte de los usuarios en esta última decada debido al auge del Iot, la inteligencia artificial y el use de la nube, lo que permite la interconexión entre dispositivos de distintos proveedores.

Dentro de estos, presenten un tipo de arquitectura modular, que mayormente, ayuda a la personalización de éste por parte del usuario. Por ejemplo, la tenencia de subsistemas que se dediquen a la gestión de la iluminación, climatización, seguridad, entretenimiento y consumo energético. Empresas como lo son Crestron, Control4, Legrand y Siemens ofrecen un portafolio de soluciones escalables, partiendo desde la gestión de una viviendo hasta redes complejas para edificios corporativos. Este tipo de sistemas usualmente operan mediante protocolos estandor como Zigbee, Z-Wave, KNK o Wi-Fi, permitiendo la interconectividad y reduciendo la dependencia de un único provedor.

Figura 5. Iot en edificaciones

En el ámbito de la seguridad, los sistemas domóticos comerciales integran cámaras de vigilancia con reconocimiento facial, cerraduras inteligentes con autenticación biométrica y sensores de movimiento que envían alertas en tiempo real. Las plataformas como Google Nest o Amazon Ring permiten a los usuarios el monitoreo de sus propiedades de manera remota, mientras que en el ámbito empresarial, como las de Honeywell, incorporan análisis predictivo contra intrusiones o falles en infraestructuras.

Figura 6. Amazon alexa y Google Assistant

Tabla II
TIPO DE INSEGURIDADES EN SISTEMAS IOT [46]

Categoría	Amenaza	Descripción	Tipo de impacto	Equipo afectado
Ataques	Malware	Cualquier programa diseñado para ingresar a un dispositivo y causar daño se llama malware. Los piratas informáticos suelen utilizarlo para robar información confidencial.	Alto	▪ Dispositivos IoT ▪ Plataformas
	Ataques Dirigidos	Estos ataques, planificados para prolongarse en el tiempo, se desarrollan en múltiples etapas con el objetivo de permanecer inadvertidos y ex filtrar la mayor cantidad de información sensible. Para llevarlos a cabo, es necesario identificar un objetivo preciso.	Alto	▪ Dispositivos IoT ▪ Otros Dispositivos Iot ▪ Plataformas
	Falsificación de dispositivos maliciosos	Los dispositivos falsificados, diseñados para engañar a los sistemas IoT, suelen contener vulnerabilidades ocultas que los atacantes pueden explotar para acceder a otros sistemas informáticos.	Alto	▪ Dispositivos IoT ▪ Otros Dispositivos Iot ▪ Infraestructura
Ataques Abusos	Modificación de la información	Su objetivo es sembrar el caos mediante la distorsión de la información.	Media	▪ Dispositivos IoT ▪ Otros Dispositivos Iot
Eavesdropping Intercepción	Intercepción de la información	Captura no consentida de comunicaciones confidenciales, como llamadas, mensajes y correos electrónicos.	Media	▪ Información ▪ Comunicación ▪ Dispositivos IoT
	Reconocimiento de Red	Inventario detallado de los componentes de la red, incluyendo dispositivos, protocolos y puertos abiertos.	Media	▪ Información ▪ Comunicación ▪ Dispositivos IoT ▪ Infraestructuras
	Secuestro de sesión	Suplantando la identidad de un usuario legítimo, el atacante obtiene acceso no autorizado a la red para alterar datos.	Media	▪ Información ▪ Comunicaciones ▪ Dispositivos IoT
Caídas	Caída de red	Las interrupciones en la red pueden ser tanto accidentales como intencionales	Alta	▪ Información ▪ Comunicaciones
	Fallos de dispositivos	Errores o daños en los dispositivos físicos que conforman el sistema	Media	▪ Dispositivos Iot
Fallos averías	Fallos de terceros	Tipos de configuraciones inadecuadas en uno de los dispositivos activos de la red.	Media	▪ Dispositivos Iot ▪ Otros dispositivos Iot ▪ Plataforma y backend ▪ Infraestructura ▪ Servicios y aplicaciones

Sin embargo, estos sistemas domóticos comerciales enfrentan adversidades económicas y técnicas. La alta inversión inicial en el sistema de infraestructura y dispositivos, seguido de un mantenimiento de carácter especial, puede limitar su adopción en sectores de limitados recursos. Asi mismo, la fragmentación del mercado y la falta de estándares globales generan problemas de compatibilidad. Existen iniciativas como Matter, que se encuentra respaldada por Amazon, Google y Apple, que buscan unificar distintos tipo de protocolos. Otro factor a tener en cuenta es la ciberseguridad, representa también un riesgo critico ya que la interconexión de dispositivos amplía el área de ataques, requiriendo para estos casos, encriptación de datos.

Las tendencias actuales apuntan hacia una sinergia con smart cities y redes 5G, dando como resultado respuestas automatizadas en tiempo real antes emergencias o fluctuaciones en la demanda energética. Se tiene el caso de empresas como Samsung SmarThings o ABB que se encuentran en la búsqueda de aplicaciones de salud digital, como el monitoreo remoto de pacientes mediante dispositivos de carácter doméstico. En conclusión, los sistemas domóticos comerciales no solo transforman la interacción entre humano y tecnología, sino que dan un nuevo significado a la gestión de espacios en un mundo que tiende a la digitalización y urbanización, aunque su evolución dependerá de superar barreras económicas y técnicas.

Figura 7. Monitoreo Remoto

VII-C. Gestión de recursos usando domótica

Optimizar el uso del gas, el agua y la electricidad asegurando que sólo se utilizan cuando es realmente necesario es uno de los principales objetivos de la domótica. Para ello, se integran numerosas tecnologías y dispositivos que permiten un control inteligente de la iluminación, la climatización y la electrónica. [47]

Dentro del ámbito de iluminación, la implementación de sensores de presencia y fotorresistividad posibilita que las luces se enciendan o se apaguen de manera automática, dependiendo de la intensidad de la luz natural existente y del volumen del espacio. Además, la utilización de luces LED incrementa la eficiencia y disminuye la necesidad de cambios constantes debido a que gastan menos energía y poseen una durabilidad superior que las luces incandescentes o fluorescentes [48]. Además, la opción de establecer escenas de iluminación, independientemente del tiempo u ocasión, contribuye a minimizar el derroche de energía.

El aire acondicionado, que incluye tanto la climatización como la calefacción, constituye uno de los gastos más significativos en cualquier hogar. Los termostatos inteligentes, que se vinculan con sensores de humedad y temperatura, nos facilitan la gestión eficiente del calor y el frío, asegurando un ambiente confortable sin exceder nuestro uso de energía. Estos sistemas poseen la habilidad de analizar los patrones de uso y conducta de los

residentes, ajustando la temperatura cuando detectan que la casa está desocupada o cuando se anticipa un aumento en la demanda de energía.

Abarcando la linea de aparatos de alimentación, la tendencia se dirige hacia aparatos de alta eficiencia, identificados con sellos como Energy Star, A+++, entre otros. Al vincularlos a la red domótica, se pueden establecer horarios de operación que se alineen con los costos más bajos o con periodos de producción renovable (si se disponen de paneles solares) [49]. Algunos sistemas incluso habilitan la desconexión automática de aparatos en estado de espera (“stand-by”), previniendo el uso pasivo de energía que, a largo plazo, elevan la factura de energía.

Figura 8. Control energético con la domótica

VII-C1. Uso de Energías Renovables en Viviendas Automatizadas: La adopción de energías renovables en el hogar es un paso importante hacia una estrategia energética más limpia [50]. El uso de la domótica puede adaptar la demanda a los periodos de generación y convertirse en un habilitador clave para optimizar el consumo y la producción de energía renovable.

Aplicaciones Fotovoltaicas: Los paneles solares representan el caso más común de producción eléctrica ecológica en ambientes domésticos. Para maximizar el uso de la energía generada, la vivienda inteligente tiene la capacidad de poner en marcha electrodomésticos o cargas energéticas elevadas (lavadoras, secadoras, cargadores de vehículo eléctrico) durante los periodos de mayor radiación solar. Además, a través de inversores con conexión IoT, se supervisa en tiempo real tanto la generación de energía como la condición de las baterías (en caso de existir), lo que permite una administración más eficaz.

Sistemas Térmicos Solares: Usados para el calentamiento del agua de consumo o para respaldar la calefacción. Los sensores de temperatura y flujómetros facilitan la regulación del flujo de agua caliente en función del volumen de energía solar disponible, disminuyendo o incluso suprimiendo la demanda de combustibles fósiles en condiciones climáticas propicias.

Aerotermia y geotermia: Estas tecnologías, que emplean turbinas térmicas para obtener energía del aire exterior (aerotermia) o del subsuelo (geotermia), pueden ser administradas por la domótica para garantizar que solo funcionen cuando sean energéticamente eficientes y que se adecuen de manera exacta a la necesidad térmica de la vivienda.

Figura 9. Representación del uso de Renovables

.

VIII. MARCO METODOLÓGICO

Este prpyecto fue desarrollado en cinco fases que se describen en esta sección. Inicialmente se presenta el análisis esencial de la información expuesta en el marco teórico, el diseño de los planos, esquemas electrónicos y código que se implementará para el desarrollo de la residencia automática, la simulación para corroborar que los diseños realizados se pueden llevar a cabo, el prototipo de la residencia construida con todos los elementos a utilizar y la validación de la funcionalidad de la residencia automática con una residencia típica, estas fases serán realizadas de manera secuencial como se lo muestra en la Figura 10.

Figura 10. Proceso de la metodología

A continuación, en la Figura 11 se puede observar el diagrama de funcionalidad de todo el sistema de la residencia automática, con el cual, se tendrá el control de la iluminación e interruptores, el monitoreo de la temperatura y consumo de la corriente, y el estado de seguridad en el interior y exterior de la residencia. Para la obtención de los datos de las variables previamente mencionadas, se usarán sensores que sean acorde a las necesidades a abarca, para ello será necesario un sensor de iluminación, sensor de temperatura, sensor de corriente, sensor de movimiento, sensor de vibración y sensor de humo, todos estos sensores estarán conectados al Arduino MKR WiFi 1010, a través de este controlador se puede receptar los datos recopilados por cada sensor, que, una vez receptados por el MKR WiFi 1010, los valores son enviados por WiFi a la interfaz de Arduino IoT Cloud, los cuales serán visualizados mediante un dashboard, en este dashboard se puede tener el control del encendido y apagado de la iluminación, el monitoreo de la temperatura y el consumo de corriente en tiempo real, y los estados de alertas en el caso de la detección de humo, movimiento o forcejo en la vivienda, todo esto puede ser visto desde una laptop que cuente con una conexión WiFi.

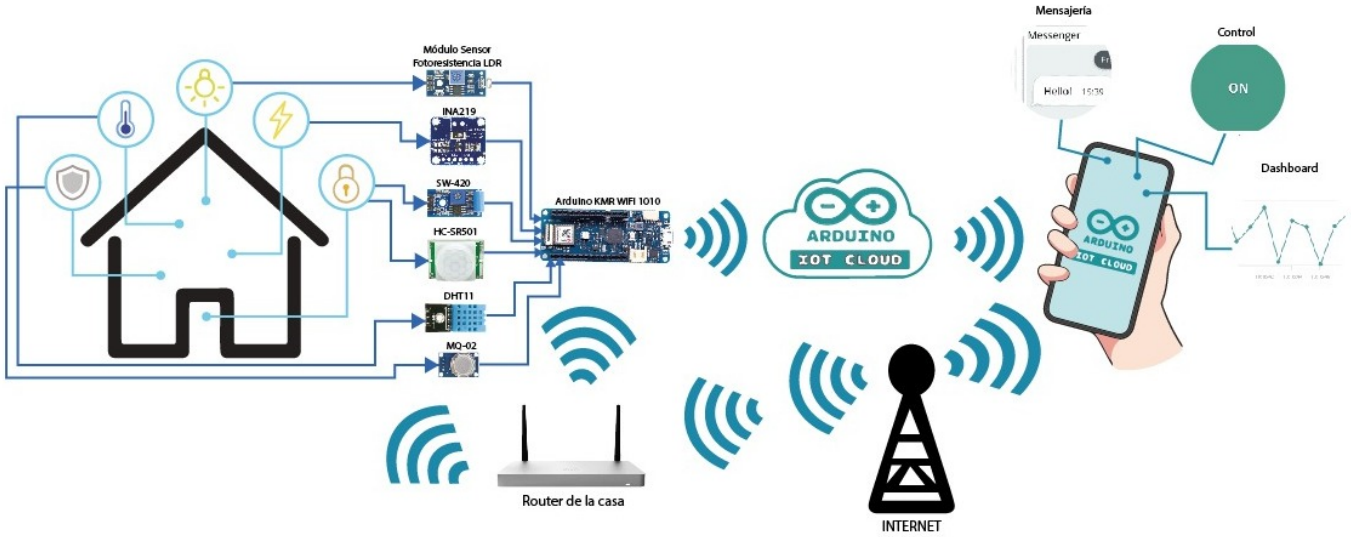

Figura 11. Diagrama del funcionamiento del sistema

VIII-A. Análisis

La fase de análisis empieza con la investigación y búsqueda en repositorios, revistas científicas y tesis con semejanza al título, la información necesaria y complementaria para después documentarla y seleccionar los datos que ayudan dar solución a los problemas previamente mencionados.
Una vez, realizadas las investigaciones respectivas, se evidencia que en una vivienda promedio el consumo eléctrico va desde los 143.36 a 270 KWh, esto se debe a que el mayor consumo de energía se lo encuentra en varios electrodomésticos como secador de pelo, secador de ropa, plancha, computador, aspiradora, calentador de agua y microondas, abarcando el 55.2 %, seguido a estos electrodomésticos, está el sistema de iluminación con un 11.7 %, después está el sistema de calefacción y climatización con un 7.5 %, y por último, los dispositivos que se quedan en espera con 6.6 %. Por otra parte, el sistema de iluminación, además de generar ese porcentaje de consumo eléctrico, también puede producir fatiga ocular, estrés y cansancio, dejando de ser un ambiente agradable y cómodo dentro del hogar. Otro factor, que provoca un ambiente desagradable en el interior de la vivienda, es la inseguridad que presenta la persona debido a fugas de gases, siendo dañinos para el sistema respiratorio, y a su vez, la delincuencia es una causa que genera preocupación y desconfianza para los hogareños, ya que, no cuentan con sistemas de alarmas, cerraduras de seguridad o cámaras de seguridad.

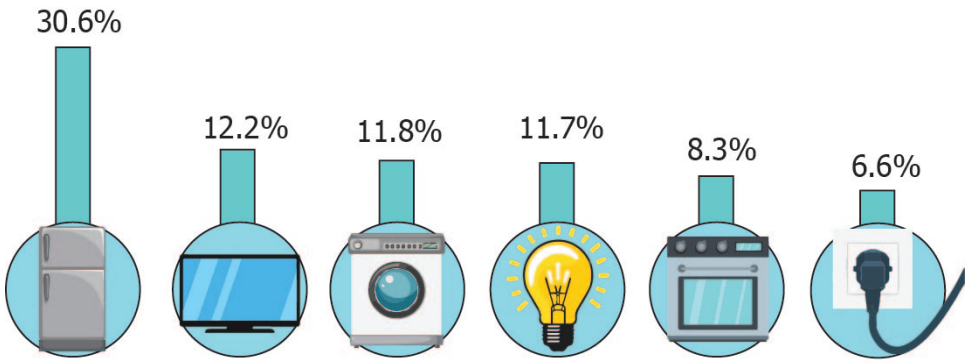

Figura 12. Gráfica de porcentaje de electrodomésticos en el consumo energético

Además, de este análisis surge la implementación de un sistema domótico, el cual no solo se tendrá el control de la residencia, sino que, también el monitoreo de variables en tiempo real, esto se logra por medio del uso del Internet de las Cosas, ya que, está tecnología permite conectar sensores y dispositivos con la finalidad de una optimización de recursos y facilitar la gestión de las instalaciones a los usuarios. Mediante el usó de esta tecnología se pretende reducir el consumo energético con el control del paso de la corriente en las diferentes cargas en la vivienda, con la cual se podrá energizar un tomacorriente cuando se requiera el usó de algún electrodoméstico y la desactivación del mismo cuando se termina de usar, de esta manera se evita las fugas de corriente y el consumo energético.
Además se propone implementar este sistema domótico en una maqueta, la cual representará una residencia de clase social media, debido a que este sistema se proyecta a futuro pueda ser incorporada a una residencia módica, el prototipo de maqueta tomará una escala de 1:100 de la residencia real y de esta manera instalar con las conexiones necesarias para el sistema automático.

VIII-B. Diseño

En esta segunda fase, el diseño incluye la estructura de la maqueta, sistema electrónico, programación e IoT. Dentro de esta fase se podrá observar las medidas, las secciones y dimensiones del prototipo de la residencia, y los diagramas de conexiones de cada sensor y actuador presente de manera interna. Por ello, en los siguientes 3 puntos se explica en detalle la función de cada elemento y su función.

VIII-B1. Diseño mecánico: El diseño mecánico se lo considera como el proceso que sigue el sistema mecánico que va desde su creación hasta su desarrollo y funcionalidad. Para este prototipo residencial, el diseño mecánico se centra en la estructura que tiene la residencia y el material del cual está elaborada.
Primero se comienza con la realización de un boceto, el cual muestre la estimación de las medidas y forma de la residencia, para luego pasar al programa de AutoCAD con la finalidad de plasmar de manera gráfica y clara las dimensiones del prototipo residencial, al finalizar las dimensiones del diseño propuesto se pueden apreciar en la Figura 13, en el que abarcan una área de 5429 centímetros cuadrados, dentro de esta área se encuentran las diferentes secciones de la casa como son el recibidor, comedor, sala, cocina, dormitorio, baño, área de lavado, terraza y jardín, en la Figura 14 se muestra en una vista isométrica de la maqueta propuesta, adicional a las secciones de la residencia presentadas en la imagen.

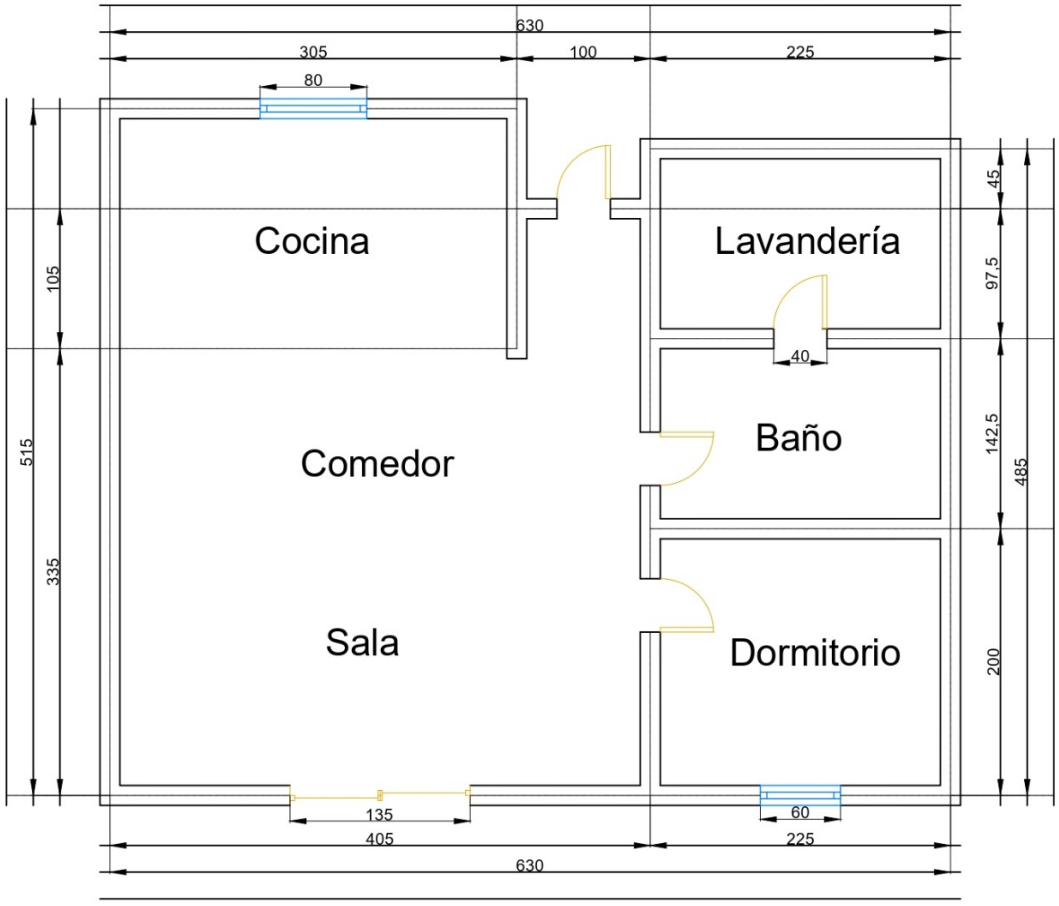

Figura 13. Dimensiones del prototipo de residencia

Después de haber definido las medidas, se selecciona por usar madera MDF para la elaboración del prototipo, debido a que, este material es resistente y mayormente usado en construcción de prototipos en el área de arquitectura, gracias a su fácil manipulación. Dentro de un software, se realizó el diseño en 3D del prototipo de maqueta para realizar un análisis de fuerzas.

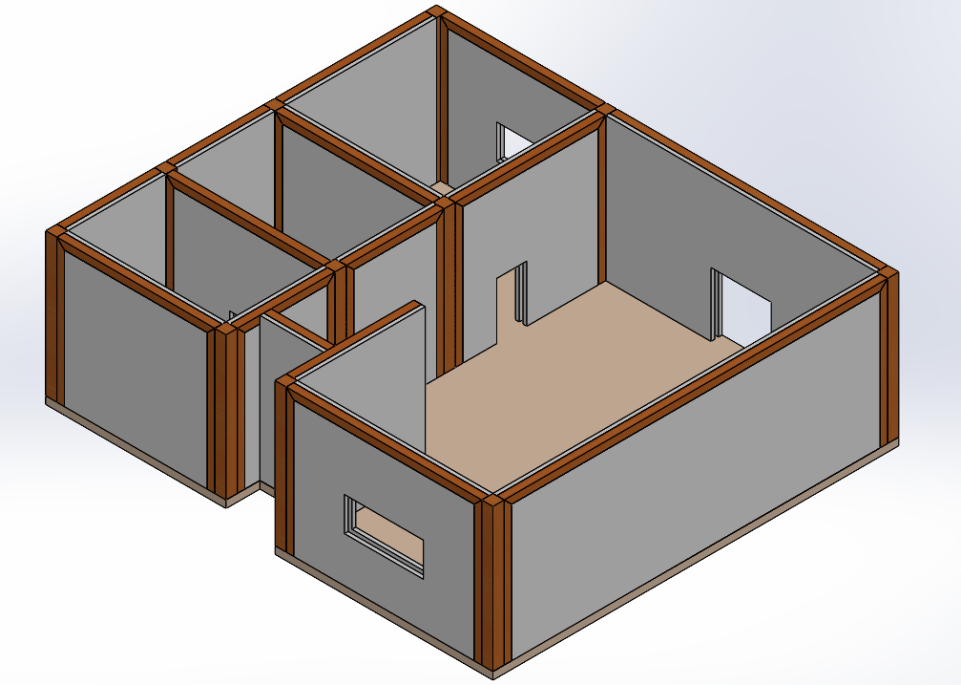

Figura 14. Prototipo Maqueta Vista Isométrica

En el software, existe un complemento llamado Simulation, en el cual, se realiza distintos tipos de simulaciones con relación al material empleado. Para este caso, se elegirá el material MDF, y se debe establecer las propiedades del material para que se asemeje lo más posible a la realidad. Para esto, se establece la siguiente tabla de material:

CARATERÍSTICAS FISICO-QUÍMICAS

PARÁMETROS	NORMA	ESPECIFICACIÓN
Aspecto		Buen canto (sin quemar); sin virutas en superficie, sin hoyos y marcas de lijadora si está lijado
Humedad*	EN 322	7,5% ± 3,5
Contenido en cenizas	IQL 35	≤ 0,5%
Contenido en sílice	EN 3340	≤ 0,05%
Rectitud al canto*	EN 324-2	≤ 1,5 mm m^{-1}
Escuadrado*	EN 324-2	≤ 2,0 mm m^{-1}
Tolerancia en largo y ancho*	EN 324-1	≤ 2 mm m^{-1}. Máximo ± 5 mm
Formol al perforador*	EN 120	Clase 1: ≤ 8 mg / 100 g tablero seco
Perfil de densidad** (Espesor ≥ 10mm)	IQL 139	≥ 550 kgm^{-3} capa interna ≥ 1.000 kgm^{-3} capa externa
Tolerancia en densidad*	EN 323	± 7% (para un mismo tablero)
Tolerancia en espesor sin lijar*	EN 322	- 0,3 mm +1,7 mm
Tolerancia en espesor lijado*	EN 324-1	± 0,3 mm

**Según EN 622-1* ***Según EN 622-5*

PARÁMETROS	NORMA	Espesor (mm)							
		>2,5 a 4	> 4 a 6	> 6 a 9	> 9 a 12	> 12 a 19	> 19 a 30	> 30 a 45	> 45
Tolerancia en espesor (mm)*	EN 324-1	±0,2	±0,2	±0,2	±0,2	±0,2	±0,3	±0,3	±0,3
Densidad (kgm^{-3})**	EN 323	800	770	730	710	690	650	610	600
Flexión (Nmm^{-2})*	EN 310	≥ 23	≥ 23	≥ 23	≥ 22	≥ 20	≥ 18	≥ 17	≥ 15
Módulo elasticidad (Nmm^{-2})*	EN 310	≥ 2.700	≥ 2.700	≥ 2.700	≥ 2.500	≥ 2.200	≥ 2.100	≥ 1.900	≥ 1.700
Cohesión interna: (Nmm^{-2})*	EN 319	≥ 0,65	≥ 0,65	≥ 0,65	≥ 0,60	≥ 0,55	≥ 0,55	≥ 0,50	≥ 0,50
Hinchamiento 50x50 24h (5%)**	EN 317	≤ 35	≤ 30	≤ 17	≤ 15	≤ 12	≤ 10	≤ 8	≤ 6

**Según EN 622-1* ***Valor orientativo*

Figura 15. Propiedades del MDF [51]

En la Figura 16, se muestran los valores que se escogieron para la simulación.

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	2700	N/mm^2
Coeficiente de Poisson	0.2	N/D
Módulo cortante		N/mm^2
Densidad de masa	470	kg/m^3
Límite de tracción		N/mm^2
Límite de compresión		N/mm^2
Límite elástico	20.4	N/mm^2
Coeficiente de expansión térmica		/K
Conductividad térmica		W/(m·K)
Calor específico		J/(kg·K)

Figura 16. Propiedades escogidas del MDF

Posterior a esto, se procedió a la simulación para obtener el análisis de tensión de von Mises, desplazamientos y deformaciones unitarias. En la Figura 17, se visualiza el estudio de von Mises, donde se aplicaron fuerzas de 100 N a cada pared del prototipo, valor seleccionado por su equivalencia práctica a 10 kgf, carga crítica representativa de escenarios realistas, como manipulación o pesos concentrados, y por su compatibilidad con las propiedades del MDF, material con resistencia a la flexión de 30–40 MPa y módulo de elasticidad de 3 GPa. Los resultados mostraron una escala de esfuerzos de 0 MPa a 9.68 MPa, donde las regiones azules predominantes (tensiones mayores a 3 MPa) reflejan la eficiencia del diseño ante cargas moderadas, mientras que las zonas verdes o amarillas (3–9 MPa), aunque localizadas, confirman que las tensiones no superan el 30 % de la resistencia última del MDF

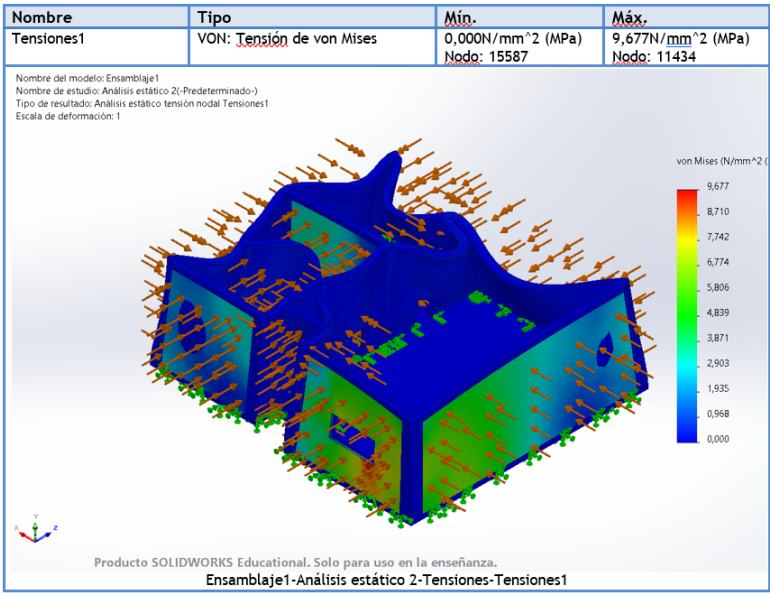

Figura 17. Análisis de von Mises

Analizando el desplazamiento de la Figura 18 , se visualiza un rango de desplazamientos que va desde los 0 mm hasta los 10,9 cm. En la parte superior del ensayo, se observan colores más cercanos a rojo/amarillo, y eso indica las zonas de mayor desplazamiento, teniendo un desplazamiento máximo de 10,9 cm. Para contrarrestar esta deformación se añadió soportes adicionales a la estructura de la maqueta.

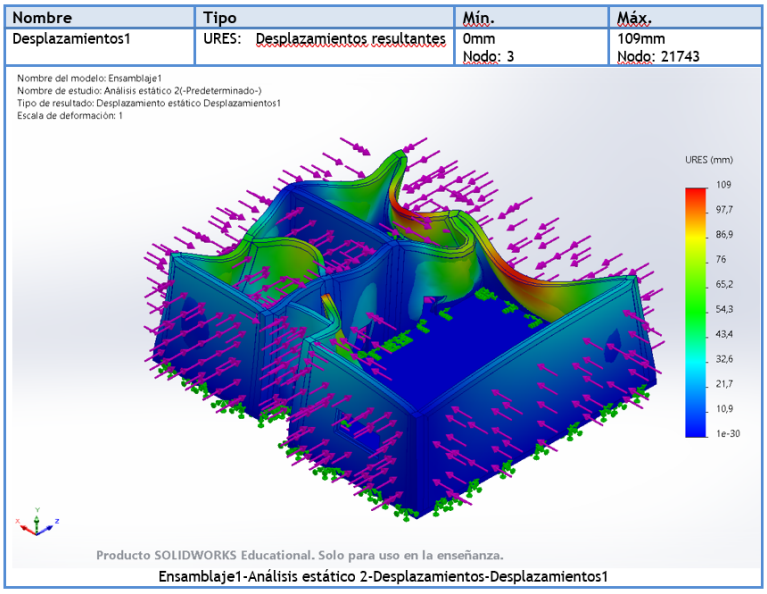

Figura 18. Análisis de desplazamiento

Continuando con el análisis estructural, se procede a comparar el esfuerzo equivalente de Von Mises con del límite elástico del MDF. Este paso resulta fundamental para determinar, según el criterio de energía de distorsión, si la pieza de prototipo puede resistir las cargas aplicadas sin presentar deformaciones plásticas o fallas. Es necesario obtener el esfuerzo de Von Mises, mediante un software de elementos finitos o mediante fórmulas de teoría de la elasticidad. Para su cálculo, es necesario tomar los esfuerzos principales y cortantes en cada punto. También es necesario saber el límite elástico del material, que por lo general, se obtiene de las hoja de propiedades. Se establece la condición Vm (Esfuerzo de Von Mises) y Y (Límite elástico del material):

$$\sigma_{\mathrm{VM}} \leq \sigma_y$$

La pieza no falla según el criterio de Von Mises (resiste).

$$\sigma_{\mathrm{VM}} > \sigma_y$$

La pieza falla (no resiste en esa zona y se podría plastificar o romper).

En este estudio, el máximo esfuerzo de Von Mises obtenido aun valor de 9.68 MPa, mientras que el límite elástico del MDF es de 20.4 MPa. Por lo tanto, dado que 9.68 MPa es menor a 20.4 MPa, la pieza no supera la resistencia elástica y permanece en el régimen elástico. Dicho de otro modo, según el criterio de falla de Von Mises, la estructura resiste sin alcanzar deformaciones permanentes bajo las condiciones de carga establecidas.

VIII-B2. Diseño electrónico: En el diseño electrónico se pretende mejorar las accionamientos de interruptores para el sistema de luces y el corte de paso de la corriente a los tomacorrientes conectados a cargas de mayor consumo, además se desea implementar un sistema de seguridad para la detección de intentos de intrusión al domicilio y también el monitoreo de la corriente de que generarán las cargas al momento de estar conectadas y funcionando, y la temperatura dentro y fuera de la vivienda.
Para que esto sea posible, se utilizará el controlador Arduino MKR WiFi 1010 en el sistema, debido a que este controlador cuenta con un protocolo de comunicación MQTT, debido a su sencilla y eficiente aplicación en dispositivos que presentan recursos limitantes a internet, este protocolo se apoya con TCP, este es un protocolo de transporte, que gracias a este protocolo posibilita un canal de comunicación confiable y ordenado.
Por ello, el diseño electrónico se basará en la creación de los esquemas electrónicos hasta su desarrollo con la

finalidad del funcionamiento del sistema electrónico en el prototipo cumpliendo las mejoras que se harán a la vivienda, asimismo con el análisis y selección de los sensores y actuadores que se requieren para afrontar las problemáticas expuestas con anterioridad.

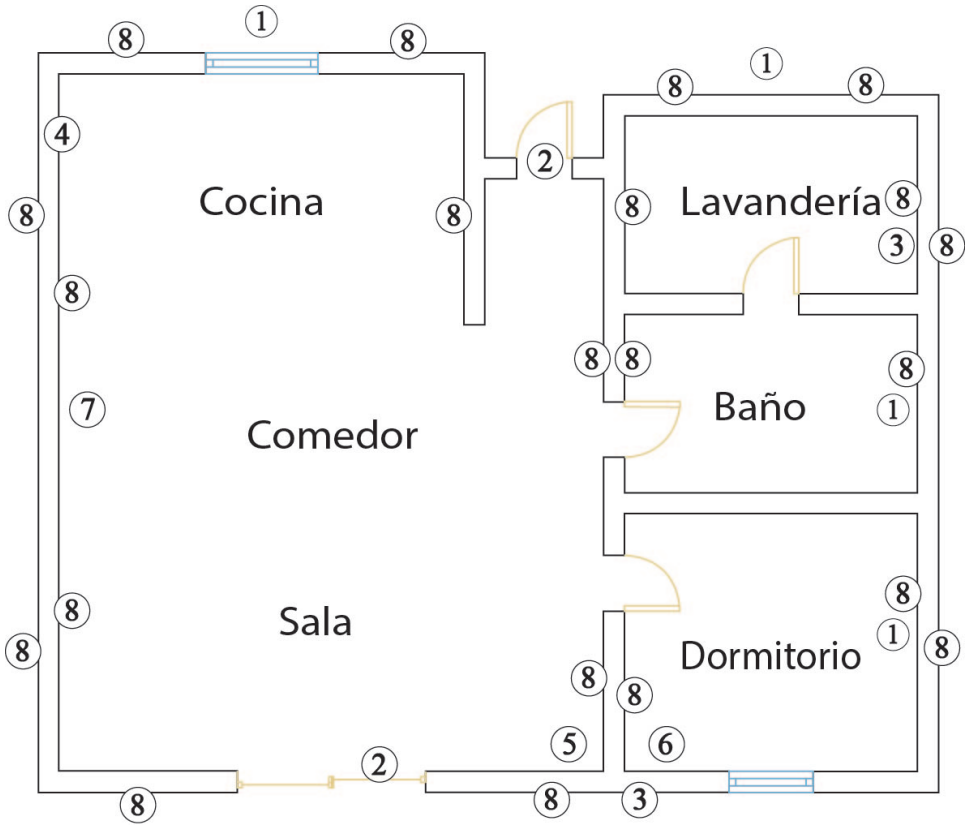

Figura 19. Ubicación de sensores y actuadores

Tabla III
TABLA DE UBICACIÓN DE LOS SENSORES

NÚMERO	NOMBRE	UBICACIÓN
1	Sensor de movimiento	Fachada, dormitorio y baño
2	Sensor de vibración	Puerta principal y puerta sala
3	Sensor de temperatura	Lavandería y patio
4	Sensor de gas	Cocina
5	Sensor de corriente	Base
6	Motor	Comedor
7	Luces	Dormitorio, baño, cocina, lavandería, comedor, sala y luces externas

Según la revisión de los problemas y de los datasheets de los sensores, se analizó cuáles eran los más apropiados a utilizar en la residencia automática mediante tablas comparativas para cada área que abarcarán los sensores.

Tabla IV
TABLA COMPARATIVA DE SENSORES DE MOVIMIENTO

NOMBRE	Sensor de Movimiento PIR KS-052	Mini Sensor de Movimiento PIR HC-SR505	Mini Sensor de Movimiento PIR AM312 12V DC	Sensor de Movimiento PIR HC-SR501
DIMENSIONES	30mm x 20mm	23mm x 10mm	10.5mm x 8.2mm	32.7mm x 29mm
VOLTAJE DE OPERACIÓN	3.3V-5V DC	5V a 20V DC	2.7V a 12V DC	4.5V a 12V DC
PINES	VCC, GND, DO	VCC, GND, VO	VCC, GND, VO	VCC, GND, DO
ÁNGULO DE DETECCIÓN	100°	100°	100°	110°
RANGO DE DETECCIÓN	Hasta 7 mts	3 mts	3 a 5 mts	3 a 7 mts

Tabla V
TABLA COMPARATIVA DE SENSORES DE VIBRACIÓN

NOMBRE	Sensor de Impacto Golpe KY-031	Sensor Vibración SW-420	Sensor Vibración KY-002	Sensor de vibración SW18015P
DIMENSIONES	29mm x 17mm x 4mm	40mm x 12mm x 6mm	18.5mm x 15mm	40mm x 15mm x 5mm
VOLTAJE DE OPERACIÓN	3.3V a 5V DC	3.3V a 5V DC	3.3V a 5V DC	3.3V a 5V DC
PINES	VCC, GND, DO	VCC, GND, DO	VCC, GND, DO	VCC, GND, DO, AO
CORRIENTE DE OPERACIÓN	10mA	15mA	5mA	15mA
SENSIBILIDAD	—	-Ajuste la sensibilidad	—	-Usa comparador de voltaje LM393

Tabla VI
TABLA COMPARATIVA DE SENSORES DE TEMPERATURA

NOMBRE	Sensor de temperatura y humedad DHT11	Sensor de temperatura analógico LM35DZ	Termistor NTC KY-028	Sensor de temperatura y humedad DHT22
DIMENSIONES	22mm x 16mm x 7mm	10mm x 4.7mm	38mm x 15mm x 14 mm	20mm x 15mm x 8 mm
VOLTAJE DE OPERACIÓN	3V a 5V DC	4V a 30V DC	3.3V a 5V DC	3V a 6V DC
PINES	VCC, GND, DATA	VCC, GND, DO	VCC, GND, DO, AO	VCC, GND, DATA
RANGO DE MEDICIÓN	0°C a 50°C	-55°C hasta 150°C	-55°C a 125°C	-40°C a 80°C
PRECISIÓN DE MEDICIÓN	+/-2°C	+/-0.5°C	—	+/-0.5°C

Tabla VII
TABLA COMPARATIVA DE SENSORES DE GAS

NOMBRE	Sensor MQ-2 Gas	Sensor MQ-135 gas
DIMENSIONES	40mm x 20mm x 20mm	32mm x 22mm x 30mm
VOLTAJE DE OPERACIÓN	5V DC	5V DC
PINES	VCC, GND, DO, AO	VCC, GND, DO, AO
RANGO DE DETECCIÓN	300 a 10000 ppm	10 a 1000 ppm
GASES DE DETECCIÓN	GLP, i-butano, propano, metano, alcohol, hidrógeno y humo	amoniaco, óxidos de nitrógeno, alcohol, benceno, humo, dióxido de carbono, entre otros
TIEMPO DE PRECALENTAMIENTO	15 min	20 seg
RESISTENCIA DE CARGA	Ajuste de resistencia de carga	Ajuste de resistencia de carga
CONTENIDO DE OXÍGENO AMBIENTAL	21 %	2 % a 21 %

Tabla VIII
TALA COMPARATIVA DE SENSORES DE CORRIENTE

NOMBRE	Módulo Sensor de Corriente ACS712	Sensor de Corriente DC INA219	Sensor de corriente voltaje INA226
DIMENSIONES	32mm x 13mm x 14mm	21mm x 21mm x 14mm	21mm x 21mm x 14mm
VOLTAJE DE OPERACIÓN	5V DC	3V a 5V DC	3.3V y 5V
PINES	VCC, GND, AO	VCC, GND, SCL, SDA	VCC, GND, SDA, SCL, VBS, ALE, IN+, IN-
RANGO DE MEDICIÓN	-5A a 5A	3.2A	819.2mA
SENSIBILIDAD	185mA	—	—
RANGO DE VOLTAJE	1.575V a 3.425V	25V	35V

Después de la presentación de las tablas comparativas de los diferentes sensores, se procede con el análisis de cada tabla, el cual abarcará características primordiales como el voltaje de alimentación, los pines a utilizar y el rango de medición, y de esa forma seleccionar el sensor adecuado y acorde a la escala del prototipo.
Con el análisis realizado, se concluye con el uso del sensor PIR HC-SR501 para la detección de movimiento, debido a que cumple con el voltaje establecido para la alimentación que tendrá el sistema y porque tiene un mayor ángulo de detección; el sensor SW-420 para la detección de vibración, debido a que cumple con el voltaje establecido para la alimentación que tendrá el sistema y porque se puede ajustar la sensibilidad de detección; el sensor DHT22 para la lectura de la temperatura, debido a que cumple con el voltaje de alimentación establecido que tendrá el sistema, por el rango de medición está dentro de un grado considerable y tiene una precisión de medición de +/-0.5°C; el sensor MQ-02 para la lectura en partes por millón, debido a que cumple con el voltaje establecido para la alimentación que tendrá el sistema y tiene un mayor rango de detección en ppm; y el sensor ACS712 para la medición y lectura de la corriente, debido a que cumple con el voltaje establecido para la alimentación que tendrá el sistema, tiene un mayor rango de medición de la corriente y posee una sensibilidad de 185mA.

Todos los sensores y actuadores estarán conectados al Arduino MKR WiFi 1010, que gracias a este controlador se enviarán los datos recopilados de cada sensor al dashboard del IoT Cloud. Esto es posible debido a que el controlador se encontrará conectado a una red WiFi y mediante esa red se logrará la transferencia y recepción de la información entre el Arduino MKR WiFi 1010 y la nube del Arduino IoT. Además, la interfaz de Arduino IoT Cloud cuenta con una sección en la cual se agregan las variables que intervienen en el funcionamiento del sistema de la residencia y otra sección para realizar la codificación del funcionamiento para que el sistema opere según las condiciones declaradas en el código.

Con la definición clara de los sensores y actuadores que se implementarán en el sistema electrónico, se procede con la elaboración del diagrama de conexión general, el cual se podrá apreciar como todos los sensores y actuadores irán conectados al Arduino MKR WiFi 1010 como se lo muestra en la Figura 20, adicional se presenta un tabla en la que detalla los pines digitales y analógicos que se usarán en el sistema automático.

Tabla IX
TABLA DE PINES DE CONEXIÓN

NOMBRE	PINES	DESCRIPCIÓN
Arduino MKR WiFi 1010	Vin y GND	Son los pines de alimentación para el controlador.
Sensor ACS712-5A	5V, GND y A0	Los primeros pines son de alimentación y el tercero es la lectura analógica del sensor.
Sensores DHT22	5V, GND, A1 y A2	Los primeros pines son de alimentación y los 2 pines analógicos estarán declarados como salidas digitales para la lectura de la temperatura.
Sensor MQ-02	5V, GND y A3	Los primeros pines son de alimentación y el tercero es la lectura analógica captada por el sensor.
Sensores SW-420	5V, GND, D0 y D1	Los primeros pines son de alimentación y los 2 pines digitales serán declarados como entradas.
Sensores HC-SR501	5V, GND, D2, D3, D4 y D5	Los primeros pines son de alimentación y los 4 pines digitales serán declarados como entradas.
Módulo relay 4 canales	5V, GND, A4, A5 A6 y D6	Los primeros pines son de alimentación y los 3 pines analógicos y el pin digital serán declaradas como salidas digitales.
Módulo relay 8 canales	5V, GND, D7, D8, D9, D10, D11, D12, D13 y D14	Los primeros pines son de alimentación y los 8 pines digitales son declarados como salidas.
Leds 110V	Línea, Neutro COM y NO	El COM de cada relay estará conectado al neutro, mientras que, una de las patas de los leds irá al NO del relay y la otra a la línea.

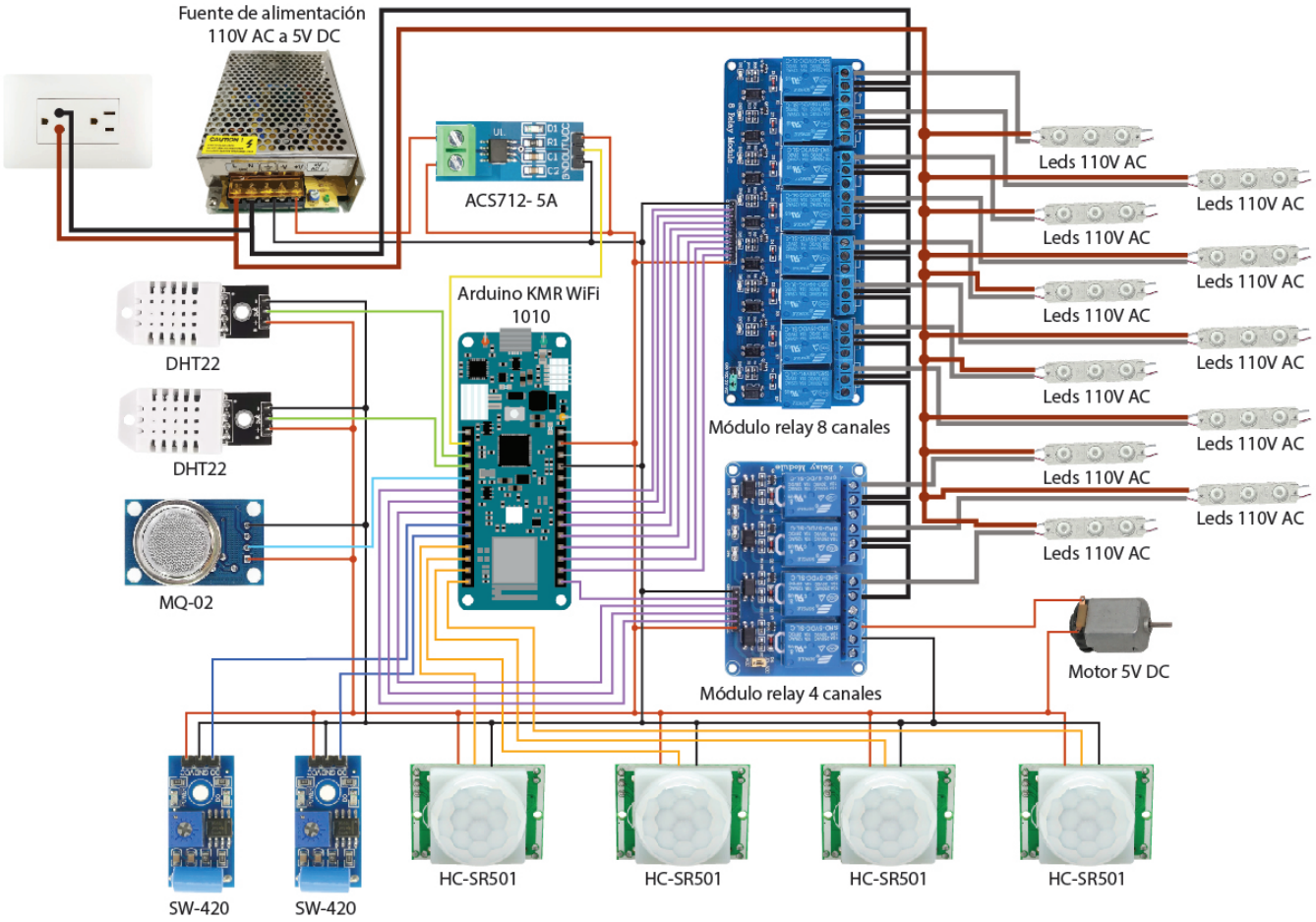

Figura 20. Diagrama de conexión

A continuación se analizarán los componentes seleccionados para la implementación del sistema domótico, junto con su integración en el diagrama de conexión (Figura 20).

Sensor HC-SR501

El sensor HC-SR501 tendrá funciones en la iluminación y en la seguridad del prototipo residencial, como primera función, el sensor al detectar el movimiento de una persona entrando a una de las habitaciones, enviará una señal (HIGH) al Arduino MKR Wifi 1010, el cual encenderá o activará la iluminación en dicha habitación, una vez transcurrido el tiempo de detección el sensor enviará otra señal (LOW) la cual apagará o desactivará la iluminación de la habitación. Como segunda función, el sensor al detectar un movimiento en los exteriores de la residencia, enviará una señal (HIGH) la cual activará una alarma para alertar a los propietarios de la vivienda, asimismo, luego de culminar con el tiempo de detección, enviará otra señal (LOW) que apagará la alarma.

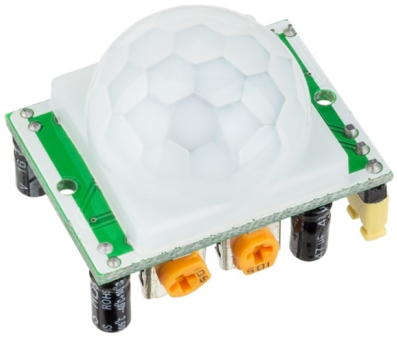

Figura 21. Sensor de Movimiento PIR HC-SR501

Sensor SW-420

La funcionalidad del sensor SW-420 es de proporcionar seguridad a la residencia contra los intentos de forcejos o golpes, esto se puede La función del sensor SW-420 en la residencia, es la de proporcionar seguridad, el cual estará ubicado en las puertas de entrada y trasera de la casa con el fin de detectar cualquier vibración o golpe a causa de los intentos de entrar mediante forcejeos. El sensor SW-420 cuenta con un comparador LM393, que gracias a este integrado en su placa se tiene una salida digital, que, por medio de ella puede detectar la vibración o no, esta salida digital tiene la misma operación como el sensor de movimiento, al instante que detecte una vibración, enviará una señal (HIGH) que activará una alarma para indicar que una persona está intentando entrar a la residencia mediante la fuerza, tan pronto como el sensor no detecte una vibración envirará otra señal (LOW) para desactivar la alarma.

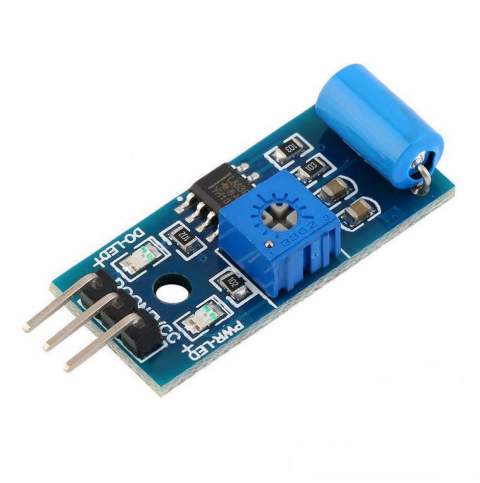

Figura 22. Sensor Vibración SW-420

Sensor DHT22

El sensor DHT22 tendrá como función leer o recopilar los datos mediante su pin digital (DO), la temperatura interna de la residencia y ambiental en grados Celsius, estos valores recabados por el sensor serán enviados al Arduino MKR Wifi 1010 y monitoriados en la interfaz de IoT Cloud a través de un value o gauge en el dashboard.

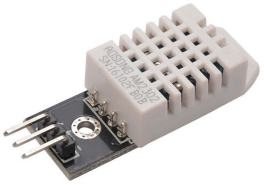

Figura 23. Sensor de temperatura y humedad DHT22

Sensor MQ-02

El sensor MQ-02 tendrá como finalidad en la parte de seguridad, la detección de gas que se presencie en el ambiente, este sensor es capaz de censar distintos tipos de gases, por ello, se configura al sensor para detectar humo, al instante de que el sensor detecté una alta cantidad de humo en el ambiente, activará una alarma enviada por la señal (HIGH) del sensor MQ-02 al Arduino MKR WiFi 1010, al disiparse el humo enviará otra señal (LOW) para desactivar la alarma.

Figura 24. Sensor MQ-2 Gas

Sensor ACS712 5A

El sensor ACS712 tendrá como funcionamiento de medir la corriente que está recorriendo en el sistema durante su funcionamiento, para realizar la medición de la corriente en el sistema se debe conectar unos de los cables de alimentación general en uno de las terminales de la bornera y en la otra terminal conectar otro cable que estará conectado a la alimentación del sistema, y con el pin analógico se toma la lectura de la corriente, este valor recopilado del sensor es enviado al Arduino MKR WiFi 1010 y que se podrá visualizar en la interfaz de IoT Cloud en un dashboard con un gauge o un chart.

Figura 25. Módulo Sensor de Corriente ACS712-5A

Tal como se lo expuso en párrafos anteriores, cada uno de los sensores contará con un actuador acorde al requerimiento de función en el sistema, por ello se usarán accionamientos, indicadores lumínicos, y mensajería, con el fin de observar el funcionamiento del sistema con las condiciones asignadas en el código.

Módulo relé 8 canales

Junto a las conexiones de los leds 110V se contará con módulos de relés, los cuales tienen la función de permitir el paso y corte de la corriente para el encendido o apagado de los leds, similar a la funcionalidad de un interruptor. Estos relés asimismo podrán ser controlados por la interfaz IoT Cloud con la finalidad de encender o apagar la iluminación de alguna de las habitaciones a distancia.

Figura 26. Módulo relé 8 canales 5V DC

Motor 5V DC

Se usará como actuador de refrigeración un motor 5V DC, el cual simulará el funcionamiento de un aire acondicionado; este actuador será controlado desde la interfaz IoT Cloud para encenderlo o apagarlo desde cualquier otro punto de la residencia.

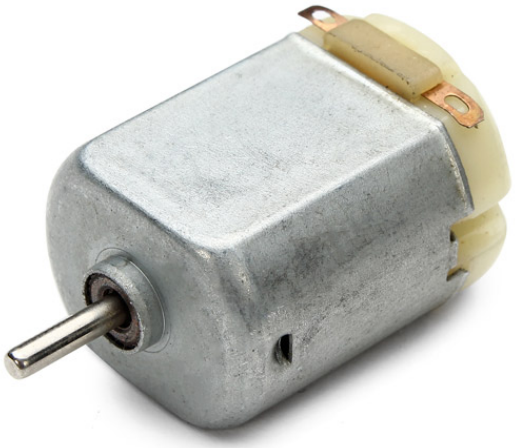

Figura 27. Motor 5V DC

VIII-B3. Programación: Para la programación se utilizará el Arduino IDE para programar el código con el cual se podrá declarar las variables, los pines que se usarán como entradas y salidas digitales y a su vez la lectura en los analógicos, mediante está escritura del código, será de ayuda al momento de realizar pruebas y simulaciones, para verificar si la lógica en la que se esta programando es la correcta o si las condiciones escritas en el mismo sean cumplidas, el Arduino IDE cuenta con un monitor serial el cual permitirá ver los resultados impresos de las lecturas que recabe el sensor en sus pines analógicos y también los mensajes que se quieran visualizar.
Posteriormente, se mostrarán mediante diagramas de flujo la funcionalidad que tiene cada sensor con sus variables de prueba.

Funcionamiento del sensor de movimiento
En la Figura 29 se puede apreciar como se define al pin 2 con un nombre, el cual permitirá identificar que esa entrada digital es del sensor HC-SR501, posterior a ello se define también al pin 7 como salida digital el cual indicará el encendido o apagado del led. Después de eso, se específica la condición de detección con el encendido del led.

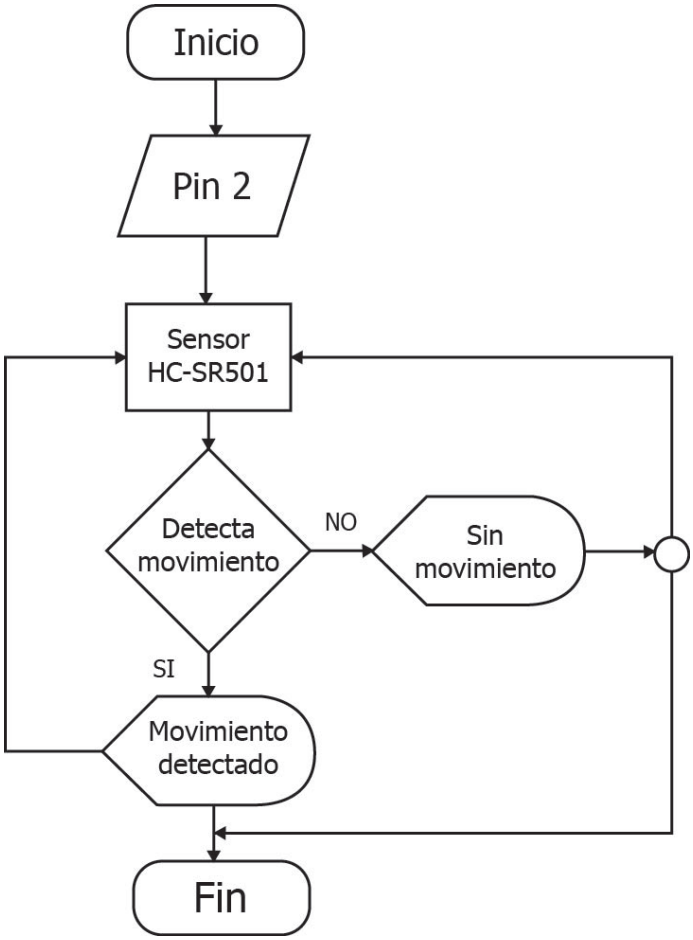

Figura 28. Diagrama de flujo del sensor de movimiento

Funcionamiento del sensor de vibración
En la Figura 30 se observa cómo se define al pin 4 como la entrada digital del sensor SW-420 y al pin 6 como salida digital, en la parte del void loop se realiza la codificación de la condición, que al detectar vibración se encienda el led como indicador.

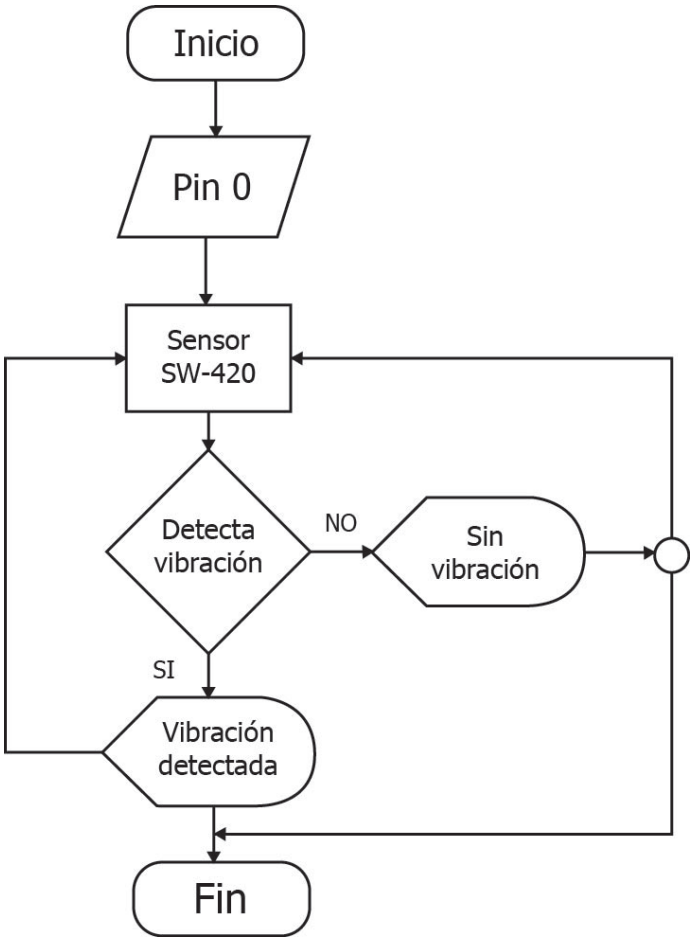

Figura 29. Diagrama de flujo del sensor de vibración

Funcionamiento del sensor de temperatura

En la Figura 31, se muestra que se declara al pin A2 como salida digital, además se incluyo la librería para lectura de sensores de temperatura, en la parte del void loop se crea el nombre con el cual va almacenarse e imprimirse en el monitor serial lo que capta el sensor DHT22.

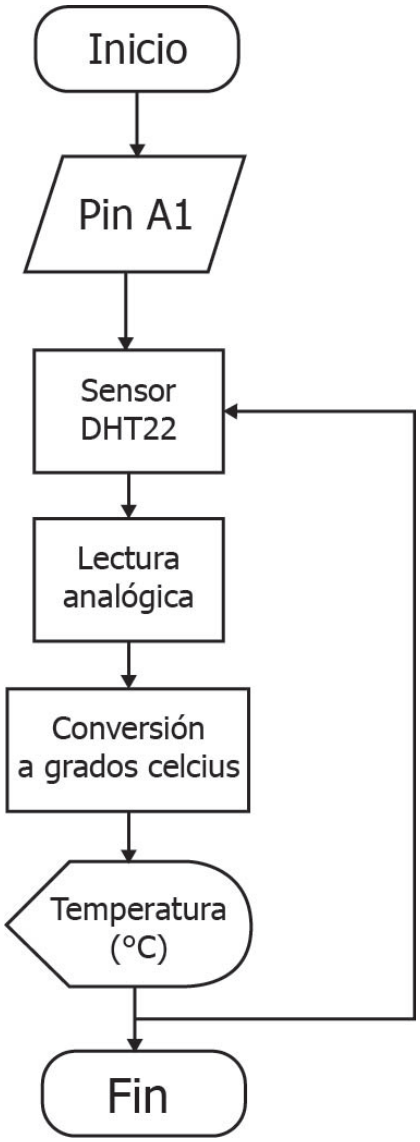

Figura 30. Diagrama de flujo del sensor de temperatura

Funcionamiento del sensor de gas

En la Figura 32, se aprecia como se declara algunas variables las cuales dos son para darle un estado 0 al iniciar la lectura del sensor MQ-02 y el pin A3 es por el cual se leerá el valor analógico que capte el sensor.

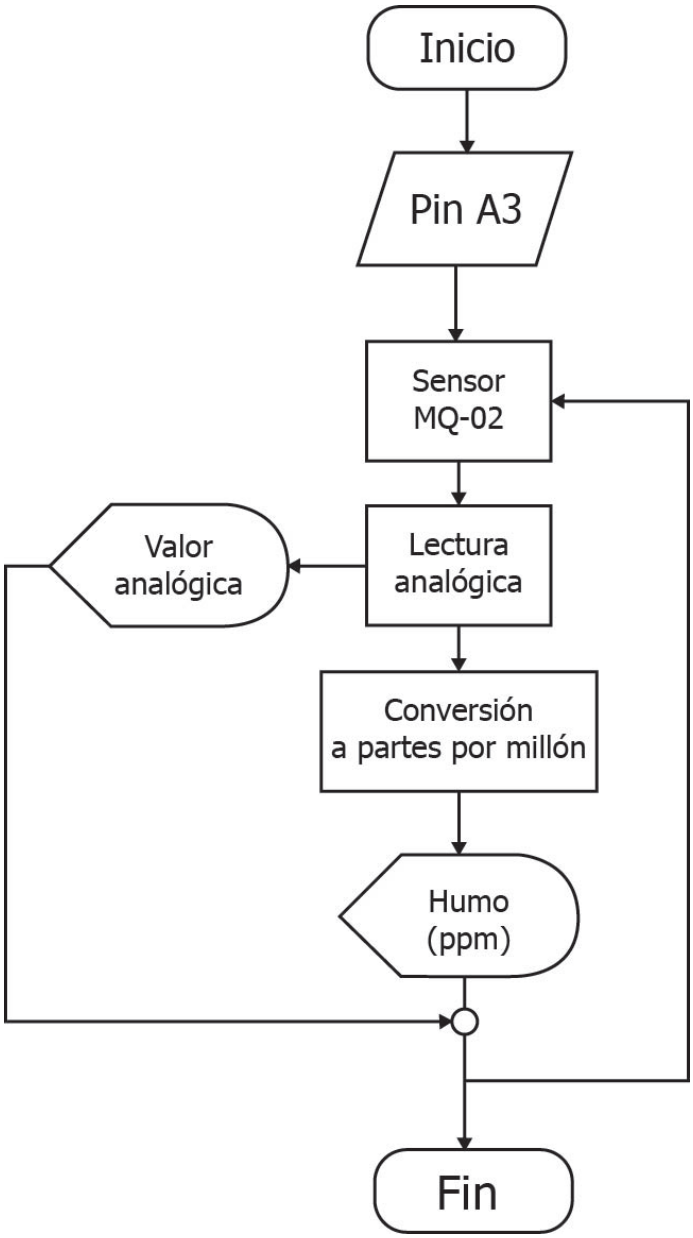

Figura 31. Diagrama de flujo del sensor de gas

Funcionamiento del sensor de corriente

En la Figura 33, se presenta las variables que se tendrán en cuenta al momento de realizar las operaciones de conversiones como se lo muestra en la parte del void loop, en la parte superior se tendrán definidas variables como el pin analógico A0, la sensibilidad del sensor, el voltaje de offset, el voltaje de alimentación y el número de muestras.

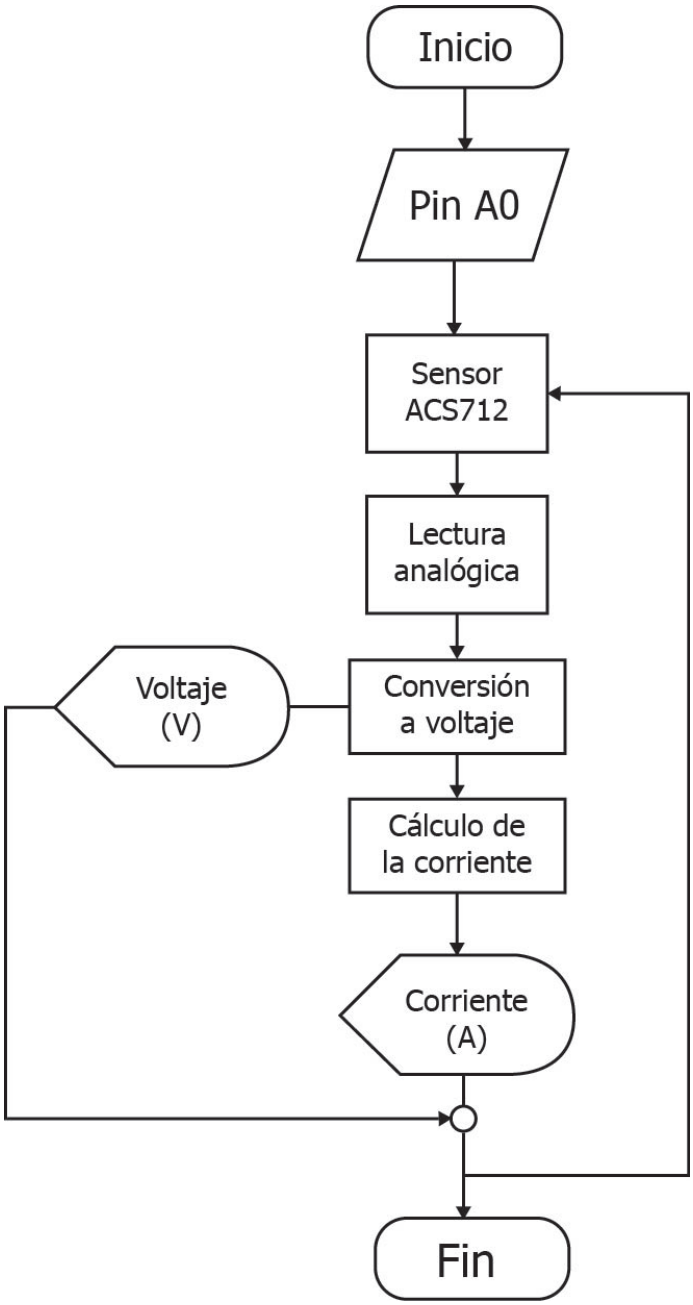

Figura 32. Diagrama de flujo del sensor de corriente

VIII-B4. IOT: El IOT que por sus siglas significan Internet Of Things, es una herramienta tecnología que permite la unión entre sensores y dispositivos de control a distancia como una laptop o celular a través de conexión WiFi. Con el implemento de esta tecnología se podrá observar a distancia el monitoreo de la corriente y temperatura, se tendrá el servicio de mensajería el cual alertará en el caso de alguna detección de movimiento y de vibración, y permitirá el control de encender y apagar interruptores, luces y tomacorrientes que estén en stand-by.

Arduino IoT Cloud es una plataforma en línea diseñada para desarrollar, implementar y gestionar dispositivos IoT de manera intuitiva y escalable. Su enfoque integrado permite conectar hardware (como el Arduino MKR WiFi 1010) a la nube, facilitando el monitoreo remoto, la automatización de tareas y la visualización de datos en tiempo real. La implementación técnica del sistema domótico se sustenta en la integración estratégica de la plataforma

IoT Cloud, seleccionada por su capacidad para centralizar la gestión de dispositivos, garantizar comunicación bidireccional en tiempo real y ofrecer una interfaz accesible para el monitoreo remoto. La configuración inicia con la creación de un ”Thing”(entidad lógica) dentro del entorno de la nube, el cual representa la totalidad del sistema domótico y agrupa las variables asociadas a sensores y actuadores. Este ”Thing”se vincula al dispositivo físico Arduino MKR WiFi 1010 mediante un proceso de autenticación que incluye la generación automática de un ID único y certificados de seguridad, asegurando una conexión encriptada y protegida contra accesos no autorizados.

Las variables definidas en la plataforma, estructuradas según el tipo de dato y permisos de acceso, reflejan la diversidad funcional del sistema: se configuran parámetros de solo lectura (read-only) para los sensores ambientales (DHT22 para temperatura/humedad, MQ-02 para concentración de gases) y de lectura/escritura (read-write) para los actuadores (módulo relé, motor DC), permitiendo tanto la visualización pasiva de datos como el control activo desde la nube. La asignación de estas variables se realiza mediante un esquema de etiquetado intuitivo, donde cada entrada se relaciona con su contraparte física , por ejemplo la variable consumoenergia se asocia al sensor ACS712 5A, configurada con un rango de 0-5A y unidad de medida en amperios.

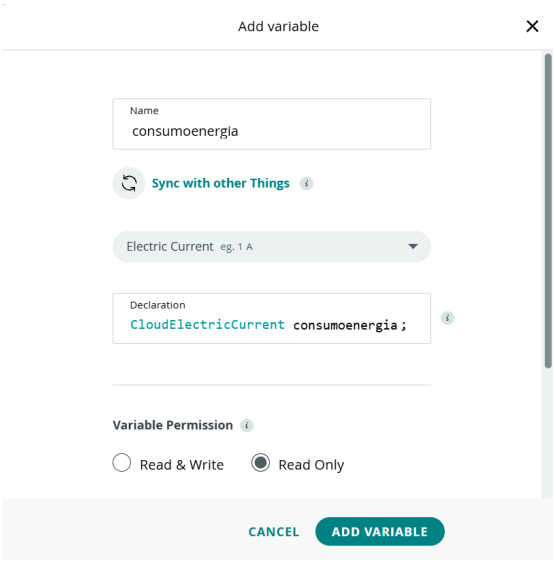

Figura 33. Asignación Variable Consumo Corriente

Posteriormente, la plataforma genera automáticamente un esqueleto de código en lenguaje C++ dentro del entorno Arduino IDE, el cual se personaliza para incorporar las bibliotecas específicas de cada componente (DHTlib para el DHT22, MQUnifiedsensor para el MQ-02) y las lógicas de control (ej: activación de relés al detectar movimiento con el HC-SR501). Este código, una vez cargado en el microcontrolador, habilita la sincronización continua de datos a través del protocolo MQTT, el cual opera sobre TCP/IP para garantizar la entrega ordenada y confiable de paquetes, incluso en redes con fluctuaciones de ancho de banda.

La fase final de configuración implica el diseño de un dashboard interactivo dentro de la IoT Cloud, donde se despliegan widgets personalizados para visualizar métricas clave: gráficos temporales para el histórico de consumo eléctrico, indicadores de nivel para concentración de gases y botones virtuales para operar los actuadores. Adicionalmente, se establecen reglas de automatización basadas en la preferencia del usuario como se muestra en la figura 34.

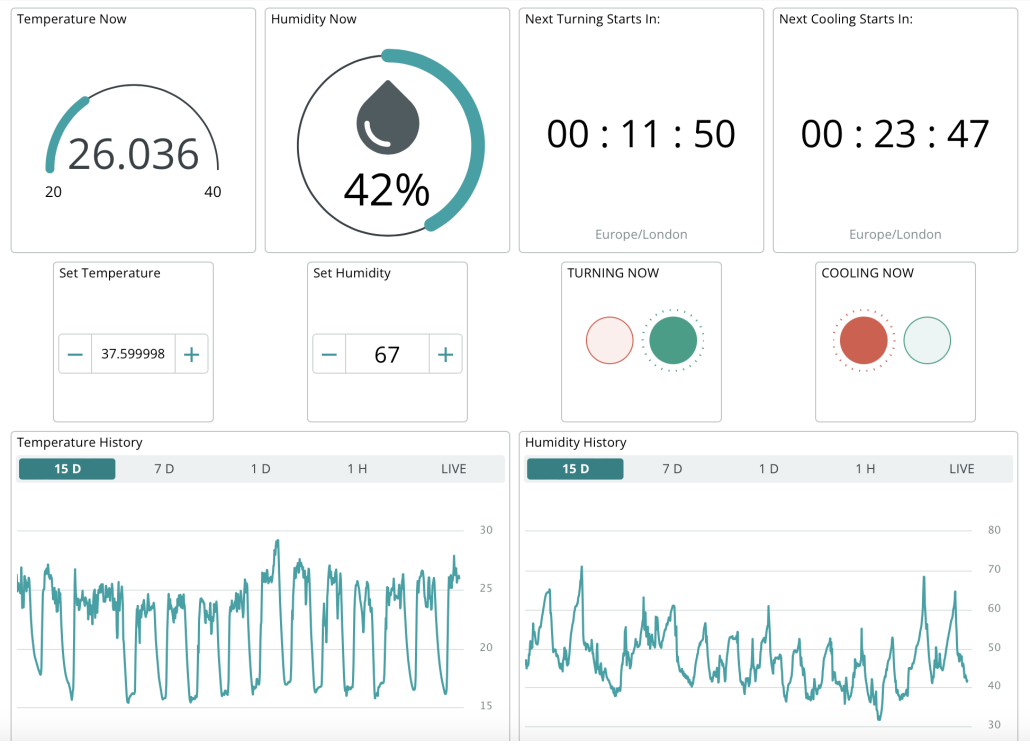

Figura 34. Dashboard IoT Cloud

VIII-C. Simulación

Finalizada la fase de diseño, se continua con la fase de simulación, la que consta de realizar pruebas con el fin de comprobar y verificar que las conexiones hechas en los diagramas electrónicos y esquemáticos desempeñen la función requerida para la residencia, por ello, a esta fase se la subdividirá en simulaciones en programas con desarrollo electrónico y físicas, en las cuales, se probarán cada uno de los sensores junto a sus actuadores seleccionados de forma individual para calibrar y corroborar que su funcionamiento es el correcto y el que se desea implementar.

En este tipo de simulación se busca asegurar que las conexiones de los sensores y actuadores este correctamente realizada para evitar fallos o daños a los elementos electrónicos que se van a utilizar, por ello, mediante el programa gratuito Fritzing se realizarán las respectivas conexiones para que a través del programa mencionado identifique cualquier advertencia de peligro.

Conexión del Sensor de Movimiento

Como se observa en la Figura 35 y Figura 36 son las conexiones guía para realizar las pruebas con los sensores de movimiento y los leds, los cuales estarán alimentados con 5V y GND y usarán los pines digitales D9 Y D13.

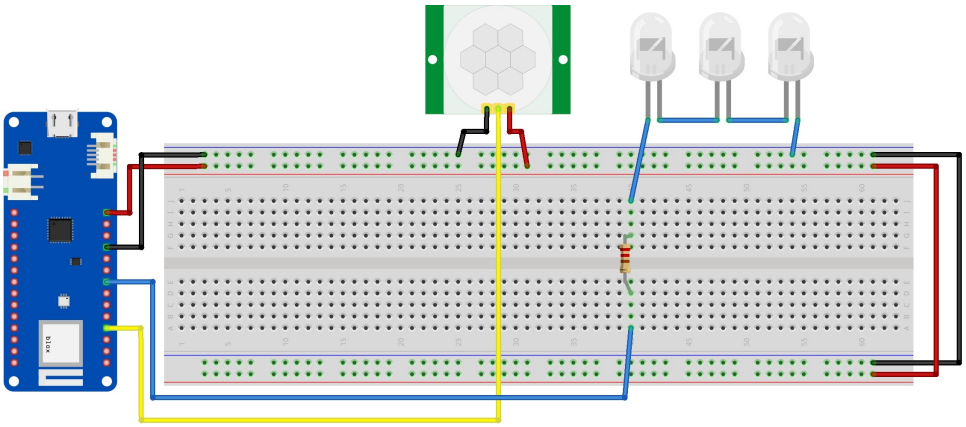

Figura 35. Conexión electrónica del Sensor de Movimiento

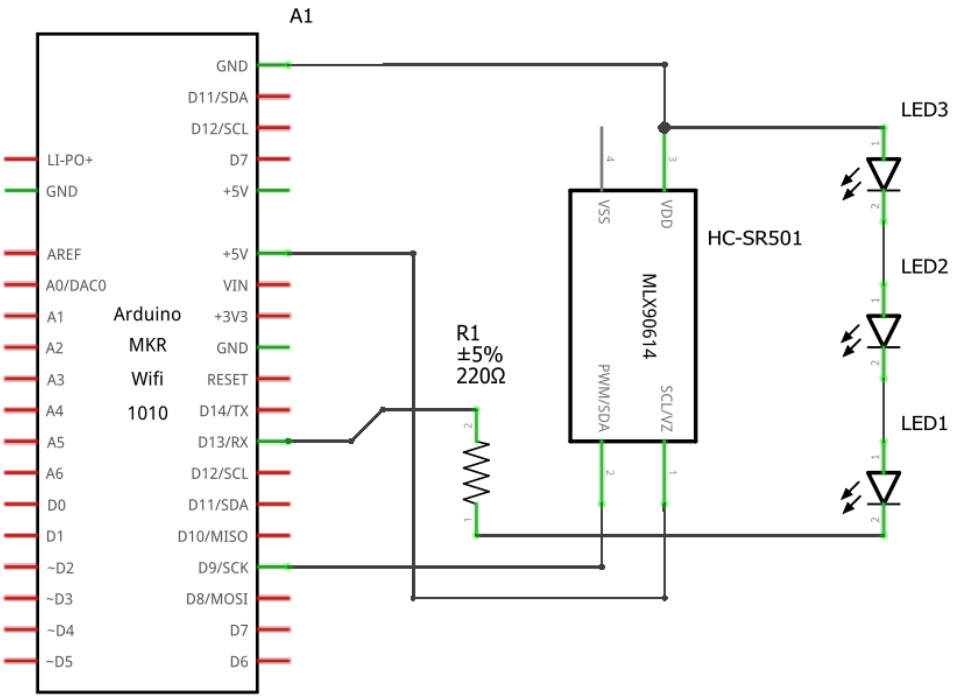

Figura 36. Diagrama esquemático del Sensor de Movimiento

Conexión del Sensor de Vibración

Se muestra en la Figura 37 y Figura 38 las conexiones guías para los sensores de vibración junto a los leds, esta conexión será alimentada con 5V y GND y se usarán las salidas digitales D10 y D12.

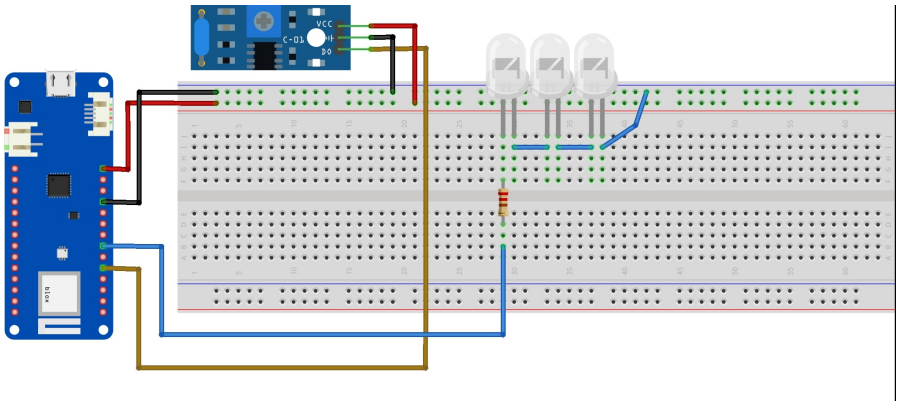

Figura 37. Conexión electrónica del Sensor de Vibración

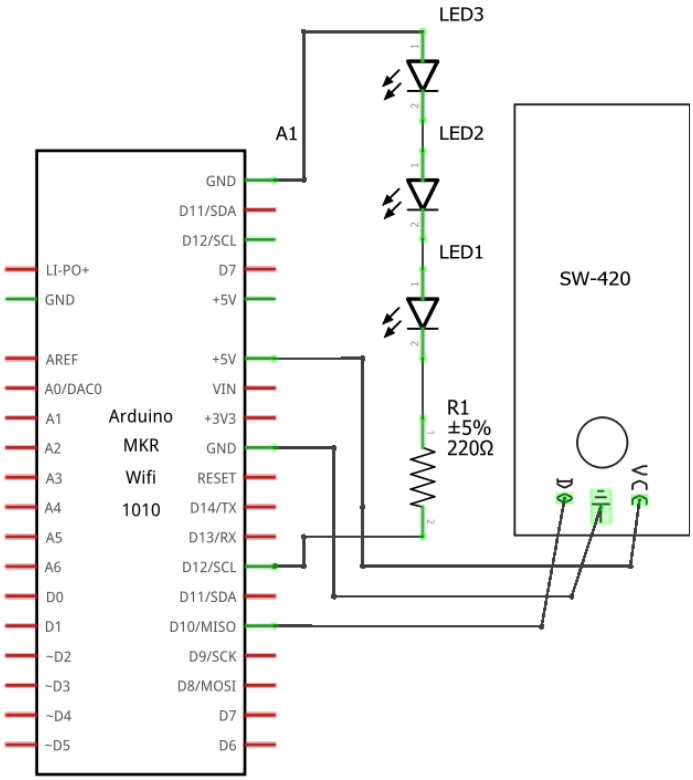

Figura 38. Diagrama esquemático del Sensor de Vibración

Conexión del Sensor de Temperatura

En la Figura 39 y Figura 40 se puede apreciar las conexiones de prueba para los sensores de temperatura junto al motor, todo estos elementos electrónicos serán alimentados con 5V y GND y que tendrán como pines de salida al D6 y D8.

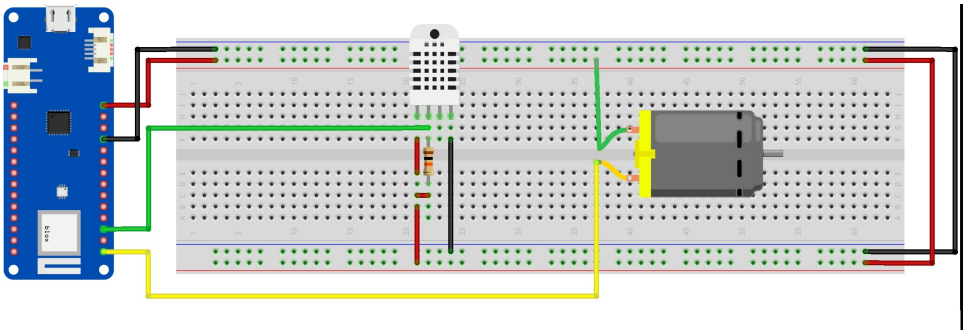

Figura 39. Conexión electrónica del Sensor de Temperatura

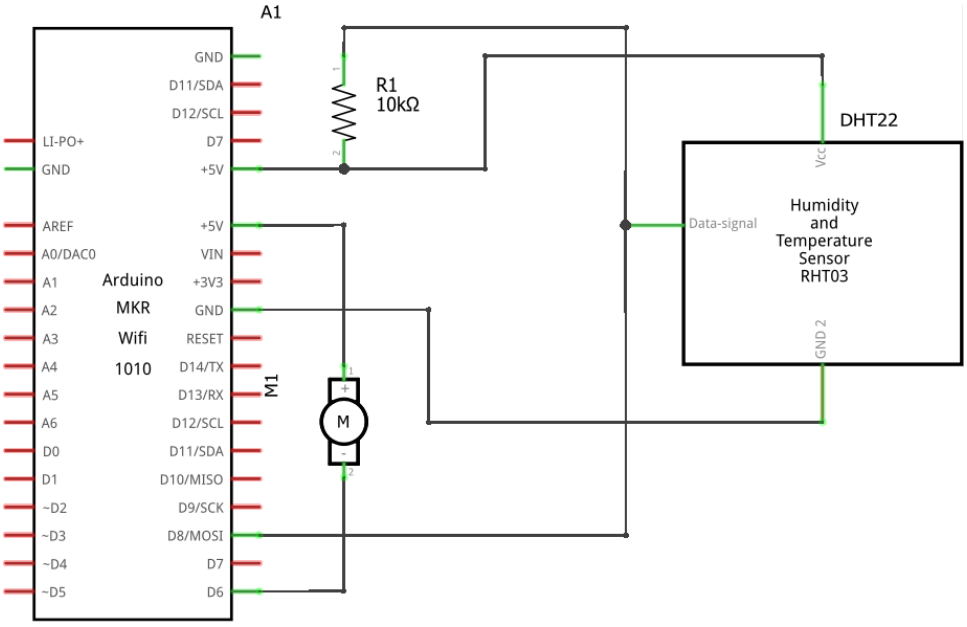

Figura 40. Diagrama esquemático del Sensor de Temperatura

Conexión del Sensor de gas

Como se observar en la Figura 41 y Figura 42 son las conexiones de prueba para la simulación del sensor de gas, el sensor será alimentado con 5V y GND y usará pines analógicos el cual será A1.

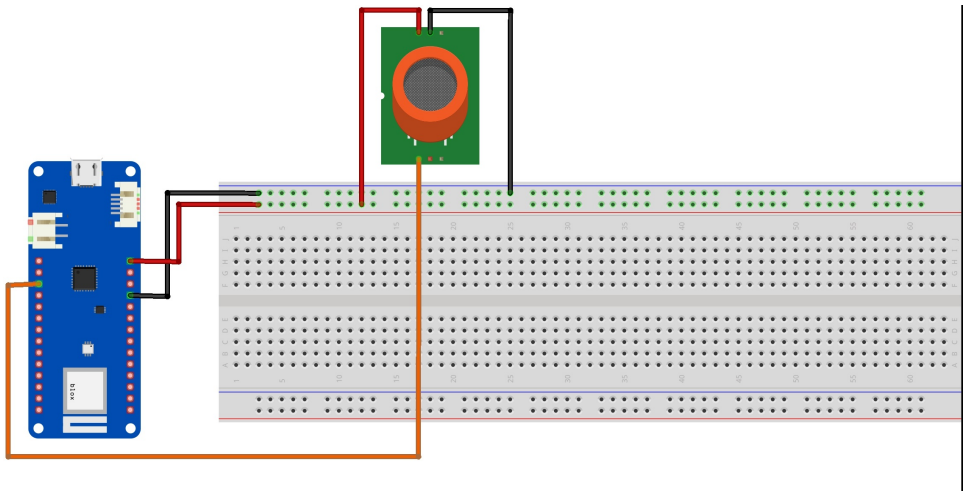

Figura 41. Conexión electrónica del Sensor de Gas

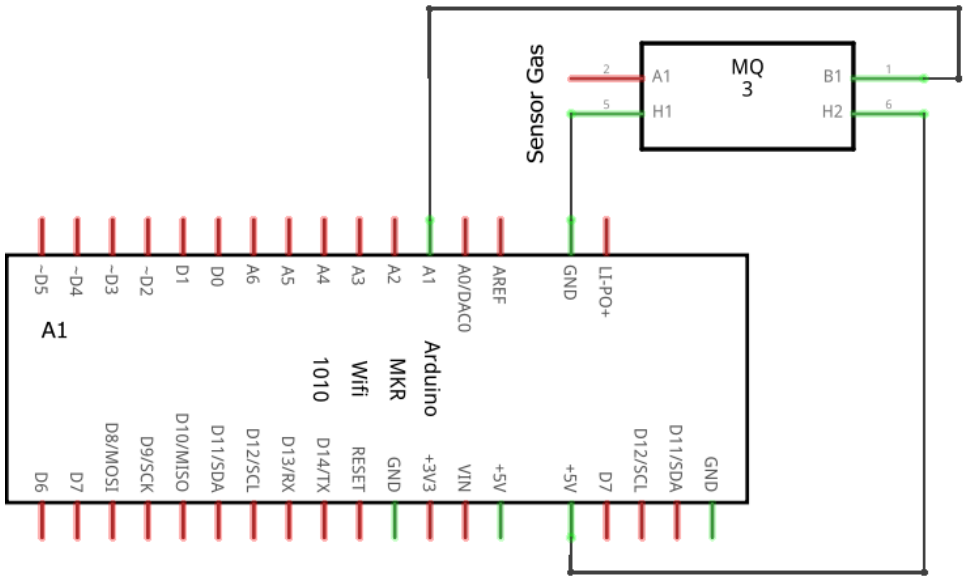

Figura 42. Diagrama esquemático del Sensor de Gas

Conexión del Sensor de Corriente

En la Figura 43 y Figura 44 se aprecia las conexiones guía para el sensor de corriente y como es la conexión para su medición en las cargas, para la alimentación se tendrá 5V y GND con un pin analógico A2.

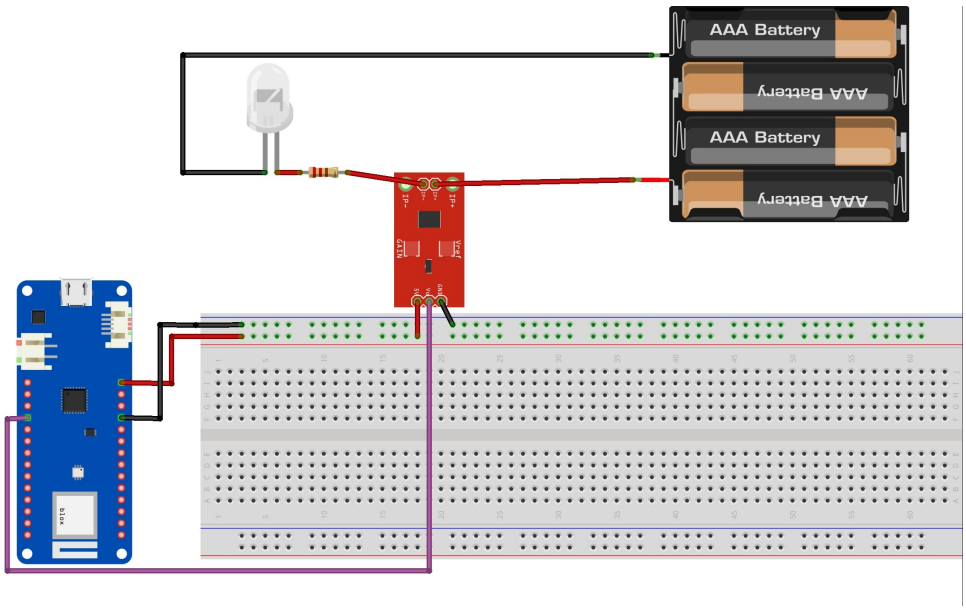

Figura 43. Conexión electrónica del Sensor de Corriente

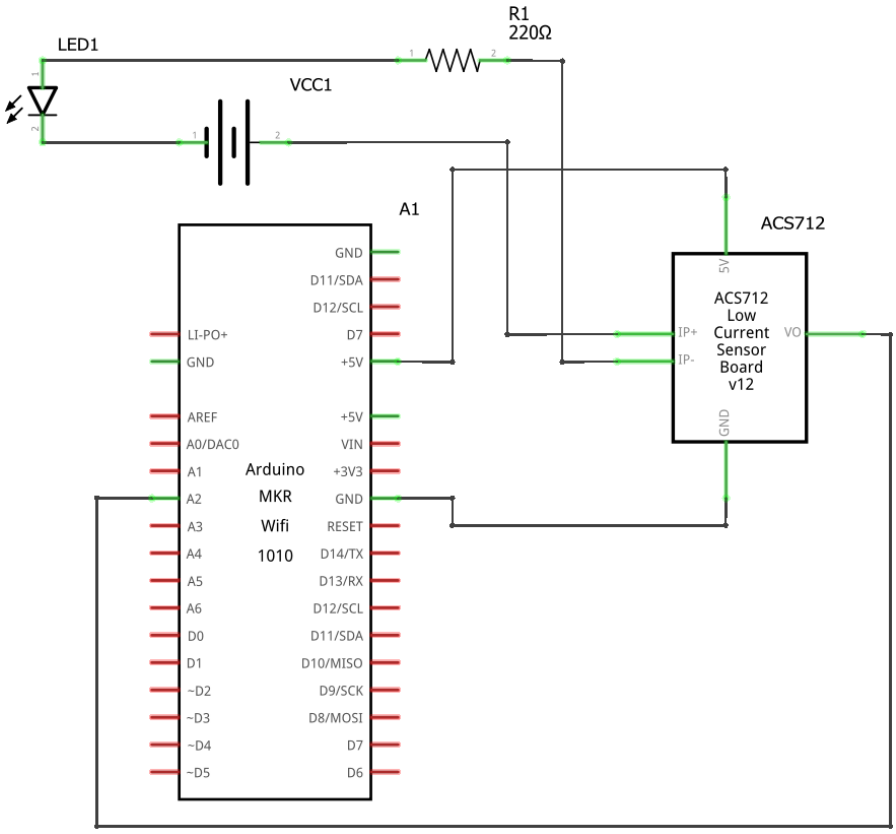

Figura 44. Diagrama esquemático del Sensor de Corriente

VIII-C1. Implementación: El armado de la maqueta partió de un boceto conceptual presentada en la Figura 45, que definió la distribución espacial de la vivienda, incluyendo áreas como recibidor, comedor, dormitorio, cocina, sala, baño y jardín, bajo un área total de 5429 cm². Este esquema inicial se digitalizó en AutoCAD, software empleado para optimizar las dimensiones, garantizar proporcionalidad y generar vistas isométricas. Las especificaciones técnicas incluyeron medidas de 1 cm en la estructura y en el espacio entre paredes internas y externas para las divisiones de cada área mencionadas, asimismo la ubicación de ventanas y puertas, diseñadas para facilitar posteriormente la integración de sensores y actuadores.

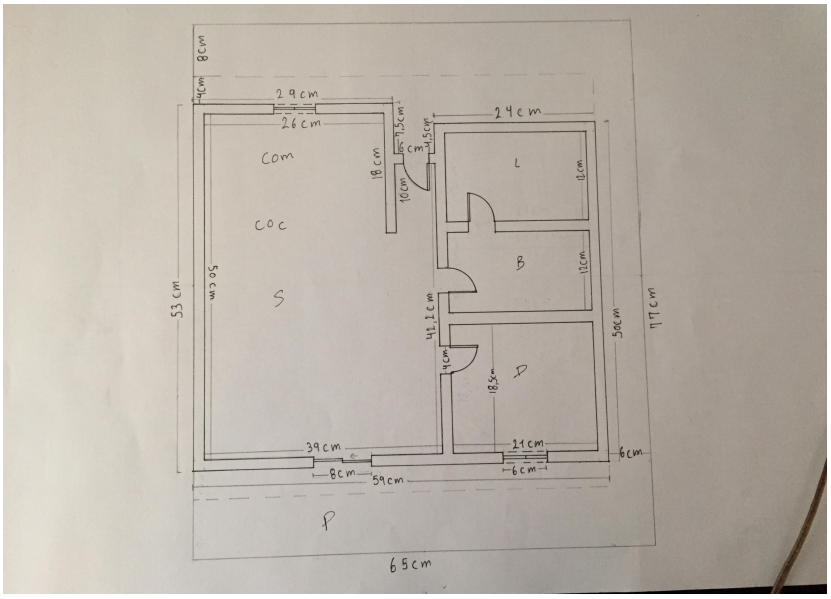

Figura 45. Boceto de la maqueta

La estructura se elaboró con madera MDF, seleccionada por su rigidez, facilidad de manipulación y acabado . Para los muros principales se utilizaron láminas de 0.5 cm de grosor, mientras que las particiones internas y detalles decorativos se realizaron con MDF de 1 cm. El corte se ejecutó mediante una caladora para perfilar las piezas de mayor tamaño (paredes y pisos), asegurando cortes rectos y precisos, complementados con un estilete de precisión para detalles finos (ej: marcos de ventanas). Cada componente fue etiquetado según su posición en el plano CAD para agilizar el ensamblaje. Por otra parte, la base se realizó del mismo material que la estructura con la diferencia que cuenta con un grosor de 1 cm y con un espacio hueco de 7 cm para la ubicación de las fuentes de alimentación y los diferentes elementos electrónicos definidos en el apartado del diseño electrónico.

El montaje inició con la fijación de las bases estructurales mediante goma blanca de secado rápido, seguido de la colocación secuencial de paredes y estructuras, alineadas con escuadras metálicas para mantener ángulos rectos. Las uniones se reforzaron con tachuelas sin cabeza, evitando protuberancias visibles. Una vez consolidada la estructura, se aplicó el uso de lija muerta para suavizar bordes y preparar superficies y obtener el acabado presentado en la Figura 46.

Figura 46. Montaje de la maqueta

Posterior al montaje, se colocaron las fuentes externas, protobards y los módulos relés de 4 y 8 canales, para eso se usaron tornillos punta de broca cabeza avellanada 8 x 1-1/4 y tornillo broca cabeza grande 4.2 mm x 16 mm con arandelas planas M8 x 16 mm, y con un taladro con punta estrella fijar los elementos mencionados en la base. Después se realizaron orificios en puntos estratégicos de la estructura y base mediante un taladro de precisión de 3 mm, a través de estas perforaciones se envían los cables conectados a los diferentes sensores y actuadores.
Fijadas las fuentes de alimentación se conecta con cable 22 AWG a dos borneras en diferentes líneas de alimentación del protoboard para tener ambas fuentes externas de manera independientes pero, con un puente que conecte ambas GND, hecha la separación de alimentación se asignó una fuente de alimentación netamente para el Arduino MKR WiFi 1010 y la otra fuente externa para la alimentación de los módulos de relés y sensores como se lo muestra en la Figura 47.

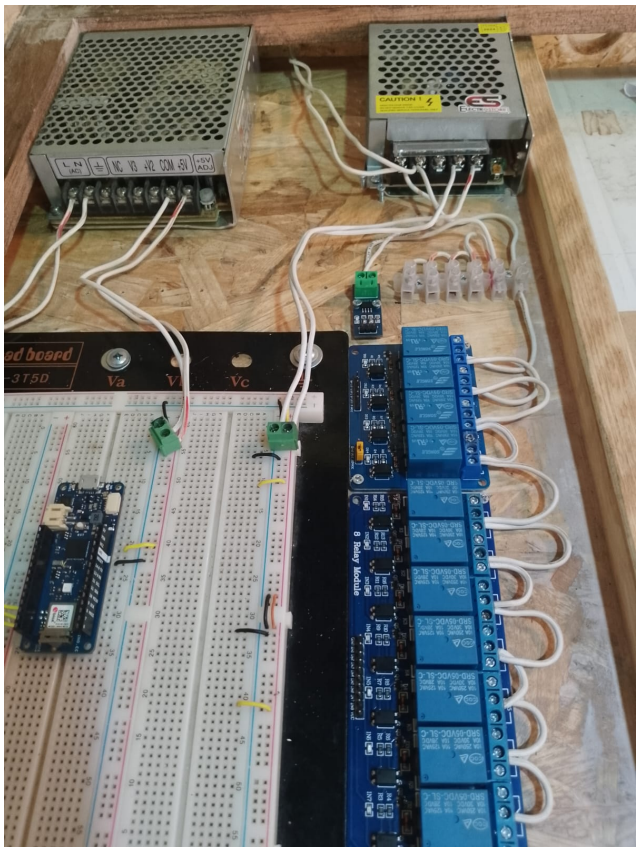

Figura 47. Fijación de elementos y conexión de alimentación

Para la integración de los sensores se definió la ubicación de cada uno de ellos, con el usó del cable 22 AWG se realizaron soldaduras con cautín y estaño para las conexiones de los pines de alimentación y de datos que van desde los sensores hasta las borneras colocadas en el protoboard, y por medio de cable UTP conectar a la línea de alimentación de la fuente externa, y de los pines digitales y analógicos del Arduino MKR WiFi 1010. Por otro lado, en la integración de los actuadores se usó el mismo calibre de cable para la unión de los leds de 110V y el motor, los cuales irán conectados en las borneras de NO módulos de relés y en las borneras de fase que se energizan desde la fuente externa, y en serie se conectaron los COM de los módulos de relés que tienen origen en el neutro de la fuente,, como se aprecia en la Figura 48.

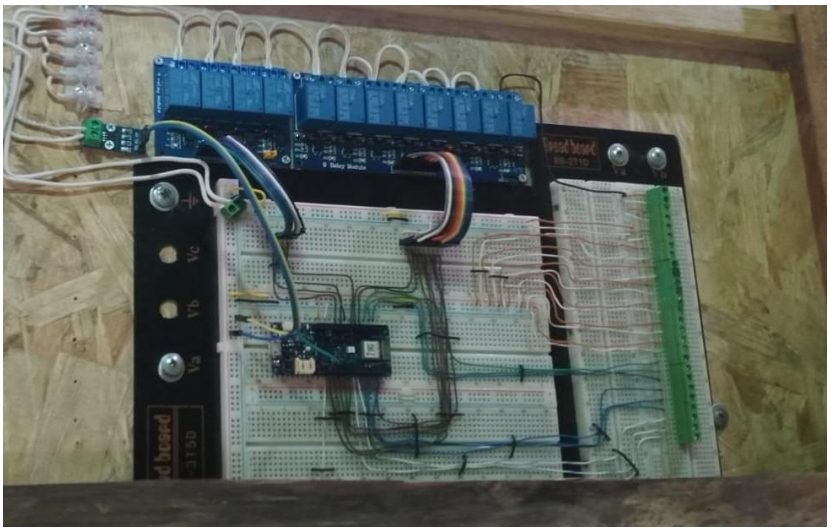

Figura 48. Conexión de sensores y actuadores

Terminadas las conexiones se llevo a cabo una simulación, el cual consistió en la comprobación del funcionamiento de todos los sensores operando juntos y corroborar las conexiones y que calibraciones sean precisas y sean acordes a las necesidades que se ajusten a la vivienda, para esto se utilizó el programa Arduino IDE que mediante el monitor serial se observan los datos recabados por cada sensor y de esta manera verificar que la lógica aplicada en el código sean correctas.

Comprobada la funcionalidad de los sensores y actuadores, se procede a crear las variables en el dashboard de la interfaz de IoT Cloud como se lo muestra en la Figura 50 y a su vez se muestra el funcionamiento de cada variable.

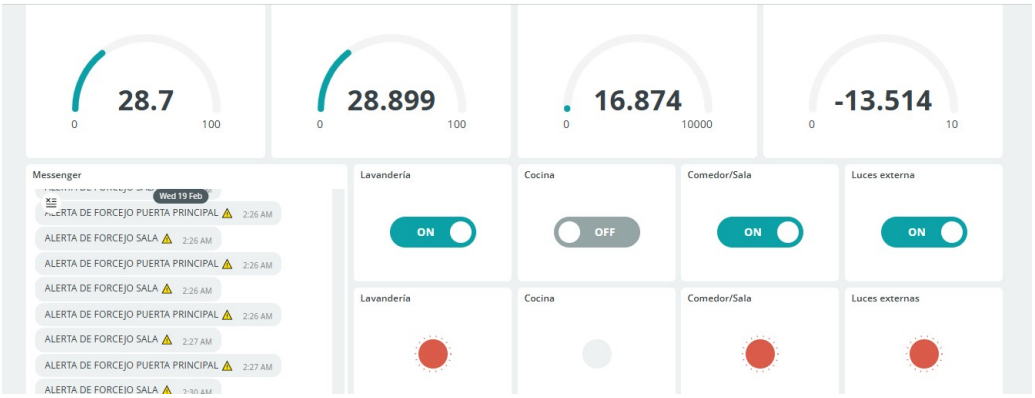

Figura 49. Dashboard del sistema

A continuación se presenta una tabla con todos los elementos implementados en la vivienda y en la Figura 51 una vista topográfica de la ubicación de los elementos.

Tabla X
TABLA DE ELEMENTOS ELECTRÓNICOS

NÚMERO	CANTIDAD	NOMBRE
1	4	Sensores de movimiento
2	2	Sensores de vibración
3	2	Sensores de temperatura
4	1	Sensor de gas
5	1	Sensor de corriente
6	1	Arduino MKR WiFi 1010
7	1	Fuente externa
8	1	Módulo relay de 4 canales
9	1	Módulo relay de 8 canales
10	18	Leds 110V
11	1	Motor 5V DC

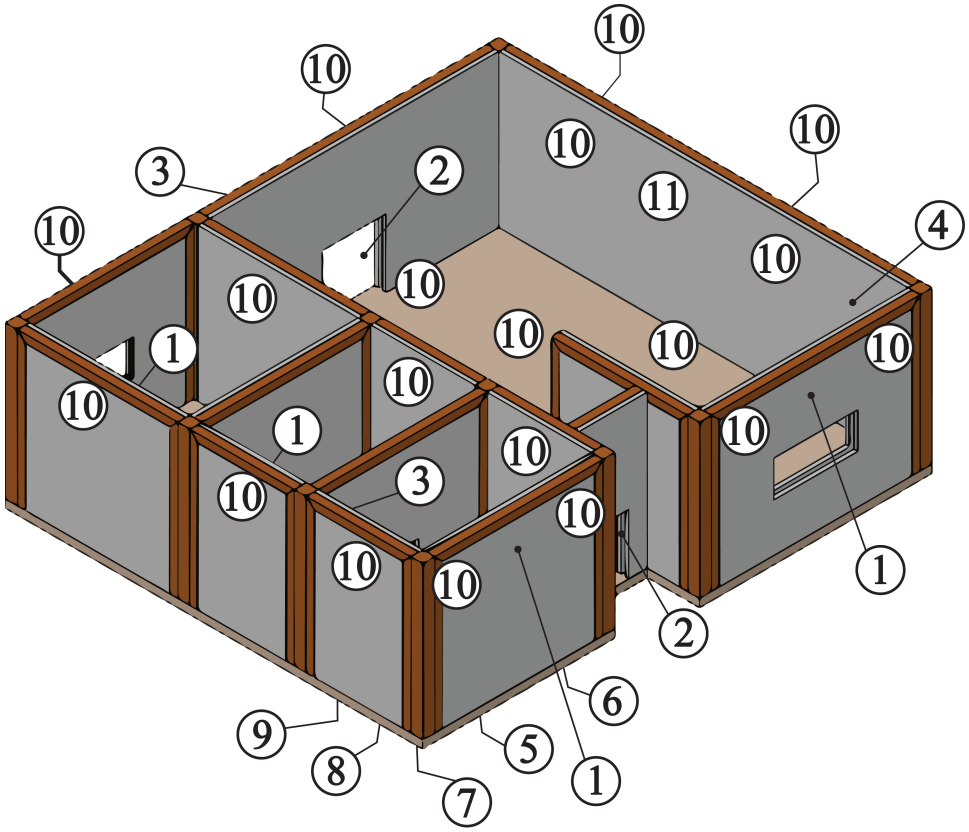

Figura 50. Ubicación de los elementos electrónicos

Como resultado se tiene en la Figura 51, que los sensores de movimiento estarán ubicados en la fachada, patio, dormitorio y baño, de los cuales, los dos primeros estarán dirigidos a la parte seguridad, mientras que, los dos restantes serán destinados para el sistema de iluminación; los sensores de vibración estarán en las puertas de la entrada principal y patio; los sensores de temperatura se encontrarán ubicados en la lavandería y en el patio; el sensor de gas estará ubicado en la cocina y el sensor de corriente se encontrará en la base. Por otro parte, los actuadores como leds 110V estarán ubicados en la fachada, patio, dormitorio, baño, lavandería, cocina, comedor y sala; y los módulos relay de 4 y 8 canales, la fuente externa y controlador Arduino MKR WiFi 1010 estarán ubicados en la base, para las conexiones, los cables irán conectados a los pines de alimentación, digitales y analógicos del Arduino MKR WiFi 1010 mostrada en la Figura 29 en la fase de diseño electrónico, el cableado será pasado a

través de orificios que existe entre las paredes internas y externas de la vivienda para una mejor presentación de la residencia. Después de realizar todas las conexiones respectivas, se debe tener cargado el código desarrollado para el sistema en el Arduino MKR WiFi 1010 y posterior a ello, energizar todo el sistema para lograr observar los datos en los diferentes dashboard y a su vez, tener el control de las luces y cargas de mayor consumo eléctrico desde la interfaz de IoT Cloud.

Figura 51. Prototipo terminado

VIII-D. Validación

En está última fase para concretar por completo el desarrollo del proptotipado, se realiza una validación de la funcionalidad de la implementación desarrollada en las fases anteriores que se encuentran en el propototipo de la vivienda automatizada, para ello, se efectúa un análisis comparativo del consumo eléctrico del prototipo con una residencia real promedio, debido a que estás no cuentan con un sistema automatizado en sus instalaciones, como ejemplo de una residencia típica, se presentará el consumo eléctrico de los estudiantes que desarrollan este documento, las cargas que se expondrán serán las luminarias, cocina, lavadora, secadora, aire acondicionado, calentador de agua y refrigeradora, dado que estos artefactos eléctricos son los que más se usan y son cargas de mayor consumo eléctrico. Un factor que resalta de esta fase de validación, es que, los elementos electrónicos como las luces leds de 110V y el motor simularán la función y consumo de los dispositivos eléctricos mencionados anteriormente, por esa razón habrá una diferencia considerable entre el prototipo y las residencias típicas. A continuación, se muestra los valores de consumo eléctrico del prototipo y las residencias típicas.

Tabla XI
TABLA DEL CONSUMO ELÉCTRICO DEL PROTOTIPO

NOMBRE	CORRIENTE (A)	POTENCIA (W)	KWh	KWh (mensual)
Luminarias	0.654	72	0.432	12.96
Refrigeradora	0.054	6	0.144	4.32
Aire acondicionado	0.055	0.275	1.375	41.25
Lavadora	0.054	6	3.006	90.18
Secadora	0.054	6	3.006	90.18
Calentador de agua	0.054	6	0.006	0.18
Consumo total			7.696	239.07

Tabla XII
TABLA DEL CONSUMO ELÉCTRICO DE LA VIVIENDA 1

NOMBRE	CORRIENTE (A)	POTENCIA (W)	KWh	KWh (mensual)
Luminarias	0.981	9	0.648	19.44
Refrigeradora	4.54	500	12	360
Aire acondicionado	15.45	1700	6.8	204
Lavadora	18.18	2000	6	180
Secadora de ropa	2.45	2700	0.81	24.30
Calentador de agua	13.63	1500	1.5	45
Consumo total	55.23	8409	27.76	832.74

Tabla XIII
TABLA DEL CONSUMO ELÉCTRICO DE LA VIVIENDA 2

NOMBRE	CORRIENTE (A)	POTENCIA (W)	KWh	KWh (mensual)
Luminarias	1.05	10	0.7	21
Refrigeradora	4.60	520	11	330
Aire acondicionado	16.20	1800	7	210
Lavadora	19	2080	6	180
Secadora	2.50	2800	1	30
Calentador de agua	12.6	1540	1.6	48
Consumo total	55.95	8750	27.7	819

De esta manera se concluye que el consumo de una vivienda típica es mayor al del prototipo, sobre todo en las cargas luminarias, que son los valores más reales a comparar, por otra parte, se puede demostrar que los dispositivos eléctricos en el hogar tienen un alto consumo de energía y por ello, se puede evidenciar que el prototipo propuesto no tiene un alto consumo eléctrico.

IX. CRONOGRAMA

A continuación se muestra el cronograma de trabajo en la Figura 64.

Proyecto de grado	IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE RESIDENCIA AUTOMÁTICA USANDO IOT
Alumnos	Isaac Gutemberg Moreira Mogrovejo e Ylber Joervin Silva Tucunango
Objetivo General	Implementar un prototipo de residencia automatizada controlando temperatura, iluminación e interruptores mediante IOT.

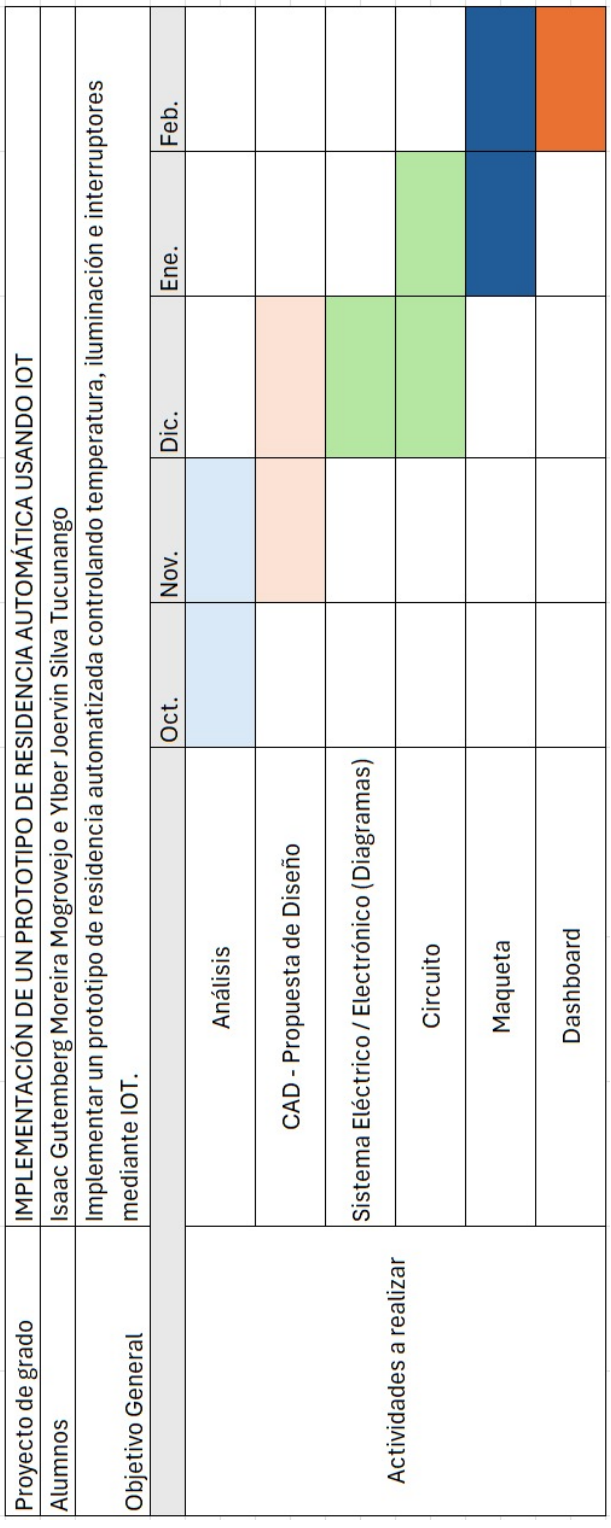

Figura 52. Cronograma

X. PRESUPUESTO

En la siguiente Tabla 12 se presenta el presupuesto de los materiales para el desarrollo del prototipo.

Tabla XIV
TABLA DE PRESUPUESTO

Nombre del elemento	Descripción	Cantidad	Valor total
Sensor DHT11	Sensor de temperatura y humedad	2	5.10$
Sensor HC-SR501	Sensor de movimiento	2	4.98 $
Sensor INA219	Sensor de corriente	2	8.20 $
Sensor SW-420	Sensor de vibración	2	2.98 $
Sensor LDR	Sensor fotoresistencia	2	2.98$
Sensor MQ-02	Sensor de gas	2	7.12 $
Arduino MKR WiFi 1010	Microprocesador	1	32.81 $
Cable UTP 5E	Cable de red	2 metros	0.72 $
Diodos led	Luz blanca	25	3.26 $
Resistencia	1kOhm	25	1.09 $
Cables para protoboard	Kit de cables de 65 unidades	1	2.38 $
Maqueta	Maqueta Domótica	1	200 $
Protoboard	165x55 mm	1	3.57 $
Tiras leds 110v	Tiras leds 100v	11	8.25 $
SUBTOTAL COMPONENTES + IVA			291.56 $
TOTAL(COMPONENTES + DISEÑO DE MAQUETA)			291.56 $

XI. Conclusiones

La estructura mecánica propuesta para la maqueta resiste una carga de 100N como se verificar en la figura 16 con un coeficiente de seguridad xx. El esfuerzo de Von Mises no sobrepasa el limite elástico del material lo que sugiere que la estructura resistirá.

El diagrama de conexiones eléctricas implementado en la figura xx permite visualizar la temperatura, iluminación e interruptores a través de una plataforma Iot en tiempo real. Consecuentemente el usuario puede analizar estos datos para identificar el consumo energético de los dispositivos del hogar.

Un hogar promedio consume 832.74 Kw/h de energía en un mes, este sistema consume alrededor de 239,07 en el mismo periodo de tiempo. Analizando esta información, se concluye que, el sistema a pesar de consumir energía también previene el uso inadecuado de energía en dispositivos que no están siendo utilizados.

Se logró integrar con sensores de movimiento (HC-SR501), vibración (SW-420) y detección de gases (MQ-02) un entorno residencial más seguro, con alertas en tiempo real y respuestas automáticas ante intrusiones o fugas peligrosas. Paralelamente, la visualización ambiental mediante el DHT22 que la domótica no solo mitiga riesgos, sino que también eleva el bienestar habitacional al poder visualizar las condiciones climática a las necesidades de los usuarios.

Se utilizaron componentes accesibles (Arduino MKR WiFi 1010, sensores de bajo costo) junto con la plataforma IoT Cloud, confirmándose la viabilidad de desarrollar sistemas domóticos funcionales. Consecuentemente, se combinaron técnicas de diseño CAD y fabricación en MDF para construir la maqueta, estableciéndose así un modelo replicable que sienta bases para una domotización escalable.

XII. RECOMENDACIONES

Explorar el uso de algoritmos de aprendizaje automático para optimizar la toma de decisiones del sistema domótico. Por ejemplo, modelos predictivos podrían anticipar patrones de consumo energético basados en datos históricos del sensor ACS712, ajustando automáticamente el funcionamiento de electrodomésticos para maximizar el ahorro. Adicionalmente, la IA podría mejorar la detección de anomalías en seguridad, por ejemplo, distinguir entre vibraciones causadas por intrusos y eventos ambientales mediante el SW-420

Validar el prototipo en una vivienda habitada, monitoreando su desempeño durante un período prolongado. Esto permitiría evaluar factores como la estabilidad del Arduino MKR WiFi 1010 bajo cargas variables, la durabilidad de los sensores en condiciones climáticas cambiantes y la aceptación por parte de los usuarios finales. Los resultados aportarían insights para ajustar la ergonomía del dashboard IoT Cloud y la ubicación física de los componentes.

Priorizar el uso de la MKR 1010 wifi en lugares donde no se presente fluctuaciones de ruido, ya sea por alimentación o por localización. Dependiendo de esto, podría no conectarse al internet, incluso estando el circuito correctamente alimentado y con cables de alta fiabilidad.

Para mejorar el rendimiento y la funcionalidad del prototipo, es fundamental implementar un sistema de almacenamiento de datos que permita registrar de manera continua los eventos y estados de los dispositivos conectados. Se recomienda utilizar una base de datos en la nube, como Firebase, MySQL o InfluxDB, que facilite el acceso remoto y el procesamiento eficiente de la información. Esto permitirá llevar un historial de variables clave, como temperatura, humedad, consumo energético y activación de dispositivos, lo que posibilita la generación de reportes detallados y el análisis de tendencias a lo largo del tiempo.

Referencias

[1] C. Guijosa, «OCDE prevé que la automatización eliminará el 14 porciento de los trabajos,» *Informe*, 2018.

[2] P. Lupercio y L. Fuentes, «ANÁLISIS DEL AHORRO ENERGÉTICO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DOMÓTICO,» Tesis doct., Universidad Politécnica Salesiana, 2023.

[3] J. Beltrán y C. Merchán, *NIVELES DE ILUMINACIÓN Y SU RELACIÓN CON LOS POSIBLES EFECTOS VISUALES EN LOS EMPLEADOS DE UNA IPS DE BOGOTÁ*. ibero americana, 2013.

[4] J. Tapia, «La inseguridad pública: causas y consecuencias,» *Sistema de Información Científica*, 2013.

[5] R. Garzón, «USO DE SERIES DE TIEMPO PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMO ELÉCTRICO DE EDIFICACIONES PÚBLICAS EN GUAYAQUIL,ECUADOR,» *Ingenería Mecánica*, 2020.

[6] M. Balbis, I. Tovar, V. Sousa y J. Castro, «Comportamiento del Consumo Energético del Sistema de Aire Acondicionado para un Edificio de Oficinas en Cuatro Zonas Climáticas de Colombia,» en Advances in Cleaner Production, 2018, cap. 7th International Workshop.

[7] S. D. C. o Placeres y C. Gaitán, «Análisis de la demanda de enfriamiento y de su potencial de flexibilidad en Colombia,» *Reporte*, 2023.

[8] C. Coello y J. Tenemaza, «ESTUDIO TÉCNICO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN INTERIOR EFICIENTE PARA UNA EDIFICACIÓN ENFOCADOS A ESPACIOS DE TRABAJO: CASO DE ESTUDIO EDIFICIO DE LA MUNICIPALIDAD DE SEVILLA DEL ORO,» *Ingeniería eléctrica*, 2024.

[9] I. Arriagada y L. Godoy, *Seguridad ciudadana y violencia en América Latina: diagnóstico y políticas en los años noventa*. CEPAL Naciones Unidas, 1999.

[10] Ecuavisa, «Quito: una deflagración dejó cuatro heridos, en Oyacoto,» 2024.

[11] D. Pasquevich, «LA CRECIENTE DEMANDA MUNDIAL DE ENERGÍA FRENTES A LOS RIESGOS AMBIENTALES,» *Instituto de Energía y Desarrollo Sostenible*, 2016.

[12] A. Turiel, «LA CRISIS DE LA ENERGÍA EN EL MUNDO DE HOY,» *Agencia Internacional de Energía*, 2022.

[13] M. Aiello y S. Dustdar, «Are our homes ready for services? A domotic infrastructure based on the Web service stack,» *Pervasive and Mobile Computing*, 2008. DOI: https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2008.01.002. dirección: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574119208000047.

[14] R. H. Balibrea, «Tecnología domótica para el control de una vivienda,» 2012.

[15] G. B. Asencio, J. M. Maestre, J. M. Escaño, C. M. Macareno, M. A. Molina y E. F. Camacho, «Interoperabilidad en Sistemas Domóticos Mediante Pasarela Infrarrojos-ZigBee,» 2011.

[16] J. I. Abe e I. O. Igagwu, *Internet of things (IOTs) Based-Domotic Engineering*, 2023.

[17] E. A. P. Prieto, M. J. I. Bustos, S. B. S. Mora, D. G. Ibarra y B. M. Delgado, «Sistema de control domótico de bajo costo: un respaldo a la generación ecológica de energía eléctrica en Colombia,» 2016.

[18] H. W. C. Cojóm, «Sistema domótico como aplicación a la eficiencia energética, para gestionar el uso de la energía eléctrica en los hogares,» 2016.

[19] D. Minoli, «Positioning of blockchain mechanisms in IOT-powered smart home systems: A gateway-based approach,» *Internet of Things*, 2020. dirección: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542660519302525.

[20] Iagua. «¿Cuál es la distribución del consumo de agua en los hogares españoles?» (2014), dirección: https://www.iagua.es/blogs/facts-and-figures/cual-es-distribucion-consumo-agua-hogares-espanoles.

[21] S. R. Rios, J. F. O. RODRÍGUEZ y P. E. L. M. DE MONOGRAFIA, *LA ERGONOMÍA VISUAL: ESTUDIO COMPARADO DE LA NORMATIVIDAD INTERNA SOBRE ILUMINACIÓN INTERIOR EN ESPACIOS LABORALES EN ESPAÑA, CHILE Y COLOMBIA*, 2020.

[22] R. Salazar Sanz, «Guía básica de seguridad frente al robo en viviendas unifamiliares,» 2020.

[23] M. G. García Garza, «Efectos de la reforma energética 2013 y su impacto en el gasto de consumo en productos energéticos en los hogares mexicanos,» Tesis doct., Universidad Autónoma de Nuevo León, 2023.

[24] Y. A. V. Camacho y M. M. G. Hermida, «Prácticas sociales de consumo de energía eléctrica y alfabetización energética de los estudiantes de secundaria de la institución educativa Liceo del Saber del municipio de Zarzal Valle del Cauca,» Tesis de mtría., Universidad Católica de Pereira (Colombia), 2021.

[25] G. S. Salazar Pérez, «Modelo de despacho óptimo de energía eléctrica de corto plazo para la microrred Baltra Santa Cruz considerando restricciones de seguridad.,» Tesis de mtría., Quito: EPN, 2024., 2024.
[26] Endesa. «¿Cómo calcular el consumo eléctrico de una casa?» (2019), dirección: https://www.endesa.com/es/blog/blog-de-endesa/luz/calcular-consumo-electrico-casa.
[27] C. A. Salazar Anaya, D. Valdes Solis y F. Valdes Solis, «Estudio de consumo de energía eléctrica para el uso racional de uso doméstico,» *INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL*, 23.
[28] R. Arreguín-Moreno, R. Román-Pérez, J. Laborín-Álvarez, J. Moreno, E. Valdez y B. Valenzuela, «Factores psicosociales relacionados con el consumo doméstico de agua en una región semidesértica,» *Salud publica de Mexico*, n.º 4, págs. 321-326, 2009.
[29] N. Moreras. «Descubre cuántos enchufes necesitas en tu casa.» (2021), dirección: https://www.hola.com/decoracion/20210722193490/enchufes-casa-cantidad-ubicacion-nu/.
[30] C. F. Enrique y C. C. Wilfredo, «Simulacion e instalacion domotica en casas para el control de seguridad e iluminacion,» 2016.
[31] Pentadom, *Ventajas e inconvenientes de la domótica: Todo lo que tienes que saber*, 2022. dirección: https://pentadom.com/ventajas-e-inconvenientes-de-la-domotica/.
[32] J. C. Tenesaca Lema, «Estudio etnográfico de la identidad gastronómica de la parroquia de Pilahuín del cantón Ambato.,» B.S. thesis, 2024.
[33] E. J. INDIO CHOÉZ, «SISTEMA DE ILUMINACIÓN DOMÓTICA CON PLATAFORMA ARDUINO PARA LA CAPILLA SAN ANTONIO DE LA COMUNIDAD EL ALTA.,» B.S. thesis, Jipijapa-Unesum, 2024.
[34] A. C. G. Corea y E. D. A. Moreno, «Pre-factibilidad en servicios de implementación de soluciones inteligentes para el hogar, en San Pedro Sula, 2018,» Tesis doct., Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC, 2023.
[35] R. A. Serrano Cruz et al., «DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE DEMANDA PARA USO RESIDENCIAL,» 2024.
[36] J. A. Rojas Nivia y J. A. Sánchez Cárdenas, «Diseño de un sistema de internet de las cosas para el hogar que permita administrar distintos elementos del hogar desde cualquier dispositivo conectado a un servidor web,» 2021.
[37] F. P. de Loza y F. J. I. Villegas, «Implementación de tecnologías IoT para la reducción del consumo energético en oficinas inteligentes mediante el control de la iluminación,» *Revista de Ciencias Tecnológicas*, vol. 7, n.º 3, e332-e332, 2024.
[38] A. Amazon, *¿Qué es el Internet de las cosas (IoT)?* Accedido: 04-11-2024. dirección: https://aws.amazon.com/es/what-is/iot/.
[39] S. A. Peña Arismendi, «Desarrollo de un sistema de IoT con machine learning para la detección temprana de crisis epilépticas,» 2024.
[40] D. Authority, «Unpacking IoT Architecture: Layers and Components Explained,» inf. téc., 2016. dirección: https://deviceauthority.com/unpacking-iot-architecture-layers-and-components-explained/.
[41] N. Gangi, «Implementación de redes mesh para IoT,» Tesis doct., Universidad Católica de Córdoba, 2020.
[42] T. Belmonte Rios, «Diseño de una aplicación para la gestión de una estación meteorológica mediante protocolo de transporte de telemetría por mensaje de colas (MQTT) sobre modulo de radio frecuencia ESP32,» Tesis doct., 2022.
[43] I. J. Moore Rubio, «Desarrollo del sistema de transmisión, almacenamiento y visualización de datos para el auto de carreras de URacing Team,» 2022.
[44] A. López Sempere, «Identificación y detección de vulnerabilidades,» Tesis doct., Universitat Politècnica de València, 2022.
[45] A. D. Jerez Pinzón et al., «Exploración de las perspectivas emergentes en ciberseguridad: un análisis de las tendencias actuales en Ransomware, Inteligencia Artificial e Internet de las cosas (IoT),»
[46] J. J. C. Calva, D. L. H. Rojas, R. F. M. Román y C. D. R. García, «Seguridad IoT: Principales amenazas en una taxonomía de activos,» *Hamut'ay*, vol. 7, n.º 3, págs. 51-59, 2021.

[47] L. A. Riofrío Peña, «Desarrollo de un sistema de gestión para el control de iluminación y climatización en edificaciones, aplicado al edificio "Padre Juan Bottasso" de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca,» Tesis de mtría., 2021.
[48] J. J. Barrera et al., «Propuesta de un plan de eficiencia energética en el hotel Chrisban Hotel Boutique,» 2021.
[49] M. D. Cádiz Poblete, «Implementación de circuito para medir la eficiencia en la producción de energía en los paneles solares (suciedad, orientación y horarios del día),» 2022.
[50] V. C. Arroyave y M. C. Hernandez, «Análisis De Viabilidad Y Desafíos De La Implementación De Energías Renovables En La Isla De San Andrés (ERSA): Un Enfoque Hacia La Sostenibilidad Energética Insular,» *La Casa del Maestro*, vol. 1, n.º 5, págs. 61-73, 2023.
[51] Alberch, *FICHA TÉCNICA MDF*, Accedido: 05-01-2025. dirección: https://alberch.com/wp-content/uploads/Ficha-t%C3%A9cnica-MDF.pdf.