



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO

Hacia un futuro sostenible: El hogar como primer paso

Autor: María Sarrado Vázquez

Director: Iñigo Sanz Fernández

Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título

“Hacia un futuro sostenible: el hogar como primer paso”

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico 2023/24 es de mi autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido

tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

María SV

Fdo.: María Sarrado Vázquez

Fecha: 02/ 07 / 2024

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Iñigo Sanz Fernández Fecha: 02/ 07/ 2024

SANZ
FERNANDEZ
IÑIGO -
52367115W

Firmado digitalmente
por SANZ FERNANDEZ
IÑIGO - 52367115W
Fecha: 2024.07.02
18:22:40 +02'00'



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO

Hacia un futuro sostenible: El hogar como primer paso

Autor: María Sarrado Vázquez

Director: Iñigo Sanz Fernández

Madrid

Agradecimientos

En este trabajo quiero agradecer la ayuda recibida por Iñigo Sanz, mi tutor de este Trabajo de Fin de Grado, que ha estado disponible en todo momento para ayudar; y también quiero agradecer a mi familia, que me han apoyado a lo largo de estos cuatro años de carrera siempre sacando lo mejor de mí.

HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE: EL HOGAR COMO PRIMER PASO

Autor: Sarrado Vázquez, María.

Director: Sanz Fernández, Iñigo.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas.

RESUMEN DEL PROYECTO

Este trabajo presenta un estudio exhaustivo sobre la implementación de un sistema domótico en un hogar y su impacto en la optimización del consumo energético. Se analiza, a lo largo de este proyecto, la rentabilidad de la instalación mediante distintos cálculos financieros sobre distintos escenarios que pueden ocurrir al implementar este diseño. En los resultados que se muestran, se ve si la inversión es viable y rentable, proporcionando ahorros significativos en los costos energéticos, en comparación con el consumo anterior que había en el lugar estudiado. Este diseño se podrá aplicar, posteriormente, en otros lugares que también requieran de un ahorro energético como puede ser el caso de un hogar o cualquier espacio que tenga un consumo energético elevado.

Palabras clave: Sistema domótico, Optimización energética, Ahorro, Análisis Costo-Beneficio.

1. Introducción

En este trabajo, se analiza la implementación de un sistema domótico en un hogar, con el objetivo de optimizar el consumo energético. La creciente preocupación por la sostenibilidad y la eficiencia energética ha impulsado la adopción de tecnologías avanzadas que permiten el control más eficiente del consumo de energía en los hogares. La tecnología está evolucionando continuamente, por lo que se disponen de nuevas técnicas que se pueden aplicar.

Se explorarán los beneficios y las consideraciones financieras asociadas con la instalación de un sistema domótico, proporcionando una base para futuras aplicaciones en otros contextos.

2. Definición del proyecto

El proyecto se centra en la instalación de un sistema domótico completo en un hogar con seis miembros, ubicado en una comunidad de vecinos. El objetivo principal

es reducir el consumo energético y, por lo tanto, los costos asociados, mediante la automatización y el control inteligente de diferentes sistemas del hogar, como la iluminación, climatización, y electrodomésticos.

Este estudio incluye un análisis detallado de los costos iniciales de instalación, los ahorros esperados en el consumo energético, y la rentabilidad a largo plazo de la inversión. También se consideran diferentes escenarios de optimización energética para evaluar la robustez y viabilidad del proyecto (escenario del 20% de optimización, del 17% y del 23%)

3. Descripción del modelo/sistema/herramienta

En un hogar, se cuentan con distintas tareas que consumen mucha energía, y por lo tanto de donde hay que centrarse para estudiar la optimización. El sistema domótico implementado incluye una variedad de dispositivos y tecnologías diseñadas para mejorar la eficiencia energética del hogar. Los componentes principales del sistema son:

- Iluminación: utiliza sensores de movimiento para ajustar automáticamente las luces según la ocupación y la hora del día.
- Control de climatización: sistemas de calefacción automatizados que ajustan la temperatura en función de la presencia de personas y las condiciones climáticas exteriores que pueden afectar al hogar.
- Monitorización y gestión del consumo energético: herramientas que proporcionan datos en tiempo real sobre el consumo de energía, permitiendo a los usuarios ajustar su comportamiento para ahorrar energía, y programar los sistemas a su gusto.

Por lo tanto, se ha diseñado un modelo que cuenta con sensores de movimiento, que son necesarios para saber si hay una persona en el hogar o no, gestión de la puerta y de las ventanas para saber si hay personas entrando o saliendo y si se está desperdiciando energía mientras la ventana esté abierta, sistemas que controlan la climatización de la casa regulando la temperatura que soliciten los usuarios, y una aplicación para controlar todo esto de forma fácil y sencilla.



Ilustración 1 - Esquema del sistema domótico en el hogar

4. Resultados

A lo largo del análisis financiero realizado para evaluar la viabilidad y rentabilidad de la instalación de un sistema domótico en el hogar. Como se ha mencionado anteriormente, se consideran tres escenarios de optimización energética: un escenario estándar con una optimización del 20%, un escenario más pesimista con una optimización del 17% y un escenario optimista con una optimización del 23%.

Tabla 1 - Elaboración propia del análisis financiero

Escenario	Ahorro Anual (€)	ROI (años)	VPN (€)	TIR (%)
17%	272.425	13.5	-294.27	4.04
20%	320.5	11.5	304.848	5.95
23%	400.625	9.2	1303.38	8.87

En estos tres casos, vemos distintos valores que determinan si el estudio es viable. Con el valor de ROI, se sabe los años en los que recuperaremos la inversión realizada al principio. En caso de tener un VPN positivo, sabes que la inversión es viable y rentable a

lo largo de la vida útil establecida. En caso de ser negativo será lo contrario. Lo mismo ocurre con el valor TIR, si este es más alto que la tasa de descuento se verá una clara viabilidad económica del proyecto. En caso de ser un valor menor, no se podrá justificar la rentabilidad de la inversión.

Análisis de Costos y Ahorros:

- Costo de la Instalación del sistema domótico: 3,689.29€
- Costo anual de Energía antes de la instalación: 1,602.5€
- Porcentajes de optimización considerados: 20%, 17% y 23%
- Vida útil. 20 años
- Tasa de descuento: 5%

5. Conclusiones

La implementación de un sistema domótico en el hogar ha demostrado ser una inversión rentable, con beneficios claros en términos de reducción de costos energéticos y mejora de la eficiencia energética. Los diferentes escenarios analizados muestran que los ahorros son significativos y justifican el costo inicial de la instalación. Este estudio proporciona una base sólida para la adopción de tecnologías domóticas en otros contextos residenciales, contribuyendo a la sostenibilidad y a la salud del planeta, y a la eficiencia energética a largo plazo.

TOWARDS A SUSTAINABLE FUTURE: THE HOME AS THE FIRST STEP

Author: Sarrado Vázquez, María.

Supervisor: Sanz Fernández, Iñigo.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

ABSTRACT

This work presents an exhaustive study on the implementation of a home automation system in a home and its impact on the optimization of energy consumption. Throughout this project, the profitability of the installation is analyzed through different financial calculations on different scenarios that may occur when implementing this design. In the results shown, it is seen whether the investment is viable and profitable, providing significant savings in energy costs, compared to the previous consumption that existed in the place studied. This design can later be applied in other places that also require energy savings, such as a home or any space that has high energy consumption.

Keywords: Home automation system, Energy optimization, savings, cost-benefit analysis

1. Introduction

In this work, the implementation of a home automation system in a home is analyzed, with the aim of optimizing energy consumption. The growing concern for sustainability and energy efficiency has driven the adoption of advanced technologies that allow more efficient control of energy consumption in homes. Technology is continually evolving, so new techniques are available that can be applied.

The benefits and financial considerations associated with installing a home automation system will be explored, providing a foundation for future applications in other contexts.

2. Project definition

The project focuses on installing a complete home automation system in a household with six members, located within a community of neighbors. The main objective is to reduce energy consumption and associated costs through the automation

and intelligent control of various home systems such as lighting, heating, and household appliances.

This study includes a detailed analysis of initial installation costs, expected energy savings, and the long-term profitability of the investment. Different energy optimization scenarios are also considered to evaluate the project's robustness and viability.

3. Model description

In a home, there are different tasks that consume a lot of energy, and therefore where we must focus to study optimization. The home automation system implemented includes a variety of devices and technologies designed to improve the energy efficiency of the home. The main components of the system are:

- Lighting: Use motion sensors to automatically adjust lights based on occupancy and time of day.
- Climate control: automated heating systems that adjust the temperature based on the presence of people and the outdoor weather conditions that may affect the home.
- Monitoring and management of energy consumption: tools that provide real-time data on energy consumption, allowing users to adjust their behavior to save energy, and program the systems to their liking.

Therefore, a model has been designed that has motion sensors, which are necessary to know if there is a person in the home or not, door and window management to know if there are people entering or leaving and if is wasting energy while the window is open, systems that control the air conditioning of the house by regulating the temperature requested by users, and an application to control all this easily and simply.



Ilustración 2 - Home Automation System Diagram

4. Results

Throughout the financial analysis conducted to evaluate the feasibility and profitability of installing a home automation system, three energy optimization scenarios were considered: a standard scenario with a 20% optimization, a pessimistic scenario with a 17% optimization, and an optimistic scenario with a 23% optimization.

Tabla 2 - Own Elaboration Financial Analysis

Scenario	Annual Savings (€)	ROI (years)	NPV (€)	IRR (%)
17%	272.425	13.5	-294.27	4.04
20%	320.5	11.5	304.848	5.95
23%	400.625	9.2	1303.38	8.87

In these three cases, we see different values that determine whether the study is viable. The ROI value indicates the number of years it will take to recover the initial investment. If the NPV is positive, the investment is viable and profitable over the established useful life. If it is negative, it indicates the opposite. The same applies to

the IRR value: if it is higher than the discount rate, there is clear economic viability for the project. If it is lower, the profitability of the investment cannot be justified.

Cost and Savings Analysis

- Cost of the Home Automation System Installation: €3,689.29
- Annual Energy Cost Before Installation: €1,602.5
- Optimization Percentages Considered: 20%, 17%, and 23%
- Useful Life: 20 years
- Discount Rate: 5%

5. Conclusions

The implementation of a home automation system has proven to be a profitable investment, with clear benefits in terms of reducing energy costs and improving energy efficiency. The various scenarios analyzed demonstrate significant savings that justify the initial installation costs. This study provides a solid foundation for the adoption of home automation technologies in other residential contexts, contributing to sustainability, planetary health, and long-term energy efficiency.

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción	6
1.1 Motivación del proyecto.....	10
1.2 Objetivos del trabajo	11
1.3 Metodología.....	13
1.4 Estructura del trabajo.....	14
1.5 Justificación del tema	16
Capítulo 2. Fundamentos teóricos	18
2.1 Concepto de domótica.....	18
2.2 Contribución al ahorro de energía	22
2.3 Eficiencia energética	24
2.3.1 Economía circular.....	25
2.3.2 Energías renovables	26
2.4 Aspectos legales y normativos relacionados con la domótica y la eficiencia energética	28
2.5 Tecnologías y sistemas disponibles en el mercado	28
Capítulo 3. Lugar de estudio	32
3.1 Descripción del inmueble.....	32
3.2 Situación actual del consumo energético	34
3.3 Perfil energético del hogar	40
3.3.1 Discriminación horaria.....	41
Capítulo 4. Soluciones domóticas para la Optimización Energética.....	43
4.1 Justificación.....	43
4.1.1 Sensores.....	44
Capítulo 5. Análisis financiero del sistema domótico	56
5.1 Costes de instalación del sistema domótico	56
5.2 Cálculo del ahorro anual.....	57
5.3 Cálculo del VPN y el TIR	59
5.3.1 Cálculos precisos mediante Python.....	61
Capítulo 6. Interpretación de Resultados	62

<i>Capítulo 7. Conclusiones y Trabajos Futuros.....</i>	<i>66</i>
<i>Capítulo 8. Bibliografía.....</i>	<i>71</i>
<i>ANEXO I: ALINEACIÓN DEL PROYECTO CON LOS ODS</i>	<i>73</i>
<i>ANEXO II</i>	<i>77</i>

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 - Esquema del sistema domótico en el hogar	9
Ilustración 2 - Home Automation System Diagram	13
Ilustración 3 - Elementos de los sistemas domóticos	20
Ilustración 4 - Economía circular(13).....	26
Ilustración 5 - Energías renovables en el hogar.....	27
Ilustración 6 - Gráfica del importe del consumo de energía en el hogar.....	35
Ilustración 7 - Costes del consumo de energía durante un año	35
Ilustración 8 - Importe a pagar del consumo de agua a lo largo de un año	36
Ilustración 9 - Tabla excel Elaboración Propia del importe total a pagar del consumo de agua.....	37
Ilustración 10 - Aire Acondicionado AC Daikin Industries FTYN35CVMB9.....	38
Ilustración 11 - Mando control Daikin Industries FTYN35CVMB9	38
Ilustración 12 - Demanda eléctrica de los electrodomésticos.....	39
Ilustración 13 - Franjas horarias de luz y coste proporcionada por BBVA.....	41
Ilustración 14 - Sensor de movimiento.....	45
Ilustración 15 - Dimensiones del sensor de movimiento.....	45
Ilustración 16 - Especificaciones técnicas del Sensor de Movimiento.....	46
Ilustración 17 - Contacto de puerta y ventana	47
Ilustración 18 - Dimensiones del contacto de puerta y ventana	47
Ilustración 19 - Especificaciones técnicas del contacto de puerta y ventana	48
Ilustración 20 - Montaje del sensor puerta y ventana.....	48
Ilustración 21 - Contacto de puerta oculto.....	49
Ilustración 22 - Dimensiones contacto puerta oculto	49
Ilustración 23 - Especificaciones técnicas del contacto de puerta oculto.....	50
Ilustración 24 - Montaje del contacto puerta oculto	50
Ilustración 25 - Pasarela clima Z-Wave	51
Ilustración 26 - Especificaciones técnicas de la pasarela clima Z-Wave	51
Ilustración 27 - Alfred Smart App.....	53

Ilustración 28 - Control desde la aplicación Alfred Smart	53
Ilustración 29 - Alfred Smart Gateway	54
Ilustración 30 - Dimensiones del Gateway	54
Ilustración 31 - Especificaciones técnicas del Gateway	55
Ilustración 32 - Objetivos del desarrollo sostenible	73

Índice de tablas

Tabla 1 - Elaboración propia del análisis financiero	9
Tabla 2 - Own Elaboration Financial Analysis	13
Tabla 3 - Elaboración propia Ventajas de la domótica.....	23
Tabla 4 - Elaboración propia Medidas habitaciones hogar	32
Tabla 5 - Precio de los elementos del sistema domótico.....	56
Tabla 6 - Precio total al aplicar el sistema domótico.....	57

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

“La energía es la capacidad de los cuerpos para realizar un trabajo y producir cambios en ellos mismos o en otros cuerpos. Es decir, el concepto de energía se define como la capacidad de hacer funcionar las cosas”. Esta es la definición de energía que nos proporciona la Fundación Endesa.

En la actualidad, la energía es uno de los pilares fundamentales del uso humano en su día a día. (1) Desde alimentar nuestras casas con electricidad hasta impulsar los medios de transporte, la energía está ligada a casi todos los aspectos de nuestra vida cotidiana. Sin embargo, una de las preocupaciones de estos últimos años es el medio ambiente y toda la contaminación que se está generando de forma masiva por el uso de recursos energéticos. Por lo tanto, es importante tomar medidas que hagan que, entre toda la población, se reduzca estas emisiones promoviendo un cambio significativo. Según datos de la Agencia Internacional de la Energía, el consumo energético se incrementará un 50% en los próximos 25 años, lo que provocaría un mayor aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero.

El hogar es el espacio donde la mayoría de las personas pasan el tiempo y, por lo tanto, la primera solución por donde se puede empezar. Con el avance de las nuevas tecnologías, hay numerosos avances que se pueden aplicar en la casa para poder reducir este problema, esta solución innovadora se conoce como domótica. No solo permite reducir el impacto medioambiental, sino que también ayuda a disminuir el coste económico del consumo energético.

La domótica es un sistema que es capaz de automatizar una vivienda o un edificio. A lo largo de los años las personas han querido un mayor confort en su hogar, por lo que las tecnologías han ido evolucionando, dando lugar a lo que tenemos ahora, y que continuamente sigue evolucionando. Estos sistemas permiten una mayor eficiencia energética, seguridad y comunicación. El origen de la domótica se remonta a 1959, cuando

se empezó a emplear para variar la intensidad de luz de una bombilla. Al principio se empleaban elementos muy grandes y costosos, hasta que surgió la idea de hacer algo más pequeño que se pudiese instalar en el cuadro eléctrico. Años más tarde, se fue comercializando el primer dispositivo que realizaba y controlaba más tareas del hogar por sí solo, pero era un aparato muy voluminoso y difícil de usar.

Con la aparición de Internet, se cambió la forma en la que los dispositivos podían ser controlados ya que se empleaban los smartphones y las tabletas. Además, aparecieron los dispositivos inteligentes que permiten sistemas que controlar múltiples aspectos del hogar. Desde 2010 hasta la actualidad se ha desarrollado la Inteligencia Artificial, que permite que los hogares puedan volverse más eficientes e inteligentes. La principal ventaja de la inteligencia artificial, refiriéndose al mundo del hogar, es la automatización que permite programar todos los dispositivos y servicios de nuestro hogar según nuestras necesidades. También, la Inteligencia Artificial permite funcionar los asistentes virtuales como Siri o Alexa que, por medio de la voz, podemos controlar los electrodomésticos y muchas más cosas. Por último, otro de los aspectos que han influido en la domótica por medio de la Inteligencia Artificial es la mejora de la seguridad y la vigilancia, ya que permite introducir cámaras de seguridad y sensores de movimiento que pueden reconocer perfectamente a las personas y objetos. Todo esto se realiza por medio de algoritmos avanzados.

En este trabajo se estudia como todas estas nuevas tecnologías inteligentes ayudan a optimizar el consumo energético y, a la vez, permite que los habitantes de ese hogar tengan una mejor calidad de vida al permitir un gran control de su alrededor. Todas las soluciones que se van a proporcionar en este trabajo permiten mayor ahorro y confort para los residentes del hogar, ya que el gasto en luz en una casa suele ser muy elevado. Además, las nuevas casas inteligentes proporcionan mayor comodidad, como tener en tu mano el control de toda la iluminación de la casa por medio del teléfono móvil, o por medio de sensores saber cuándo una habitación está fría o caliente y regularla según los gustos de las personas del hogar.

La principal motivación de haber elegido el hogar como espacio de estudio es porque es un lugar cercano a todos los humanos y, además, es una buena manera de empezar a optimizar la energía. En mi casa consumimos mucha energía, ya que somos seis miembros viviendo en el mismo piso y el coste económico es muy alto. Por esta razón, me he puesto como objetivo estudiar y trabajar en este caso para poder reducir la cantidad de energía empleada y, como objetivo secundario, al reducir esa cantidad, reducir también el dinero que supone. Considero que empezar por un lugar cercano a cada uno, permite que veas como en el día a día el consumo de energía innecesaria es muy elevado. Esta situación se suele dar en la mayoría de los hogares del mundo, por lo que, si funciona en mi hogar, se pretende ir aplicándolo poco a poco en otros lugares donde haya mucho consumo energético.

A lo largo de todo este trabajo, se verán distintas opciones para poder aplicarlas en el hogar cuanto antes, pero también se verá que opciones de las estudiadas tienen beneficios económicos y no suponen desventajas; ya que se tiene que llegar a una solución que permita mejorar el uso de la energía, pero también que tenga rendimiento económico.

Algunas de las maneras principales en las que se puede optimizar el consumo, y por lo tanto conseguir ese rendimiento económico, son: la gestión inteligente de la iluminación, ya que permite ajustar la intensidad de la iluminación según la hora del día y el apagado y encendido de luces, para evitar el consumo innecesario de energía; el control de la climatización, ya que es posible programar y ajustar los sistemas de calefacción y aire acondicionado para que funcionen manteniendo la temperatura en un rango óptimo de confort; los electrodomésticos inteligentes, como el lavavajillas para que funcione solo en horarios donde la tarifa sea menor (por la noche); integrar energías renovables como el uso de paneles solares; y programar el entorno para ajustar automáticamente el consumo según las preferencias de las personas del hogar, evitando el desperdicio de energía.

Las ideas principales que se van a llevar a cabo en el desarrollo de este proyecto están relacionadas con las telecomunicaciones y diferentes tipos de tecnologías. Actualmente, el mundo está sufriendo continuos cambios en todo el mundo digital, y esto

también ayuda a pensar en ideas más tecnológicas que se van a poder aplicar en un futuro cercano, creando así un consumo más eficiente y sostenible. Algunos aspectos donde pueden intervenir las tecnologías es el control de las distintas tareas del hogar, como la iluminación; la adaptabilidad ya que se pueden programar para adaptarse al comportamiento de los habitantes del hogar; la interconectividad para controlar el consumo desde un dispositivo móvil; aparatos más eficientes; o incluso el análisis y recopilación de datos para proporcionar recomendaciones.

Este proyecto se dividirá en distintas partes donde se analizará el problema, se plantearán distintas soluciones y recomendaciones, se hará un estudio económico de si esas ideas tienen ventajas o inconvenientes, y por último se intentará aplicar en un caso del día a día para ver la optimización de la energía y todos los beneficios que se han aportado. Se llevarán a cabo numerosos retos que permiten una mayor eficiencia energética. Por ejemplo, algunos de los retos que se quieren llevar a cabo es la instalación de monitores en tiempo real que nos permita visualizar el consumo de energía de toda la casa, pero sobre todo de los dispositivos específicos, y los lugares de la casa donde haya más consumo; con el objetivo de hacer más hincapié en esos aspectos. Este reto, y muchos más, se irán evaluando a lo largo de este trabajo identificando las ventajas y desventajas que puedan tener, y evaluar el gasto económico que supone. En mi hogar, hay mucho consumo innecesario de energía que obliga a que el coste de energía de cada mes sea muy alto, y que se esté desperdiciando energía de forma continua.

1.1 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

El tema de este trabajo surge en parte por la inquietud acerca de las nuevas tecnologías y como estas están involucrándose en todos los ámbitos del día a día. Esto se junta a la preocupación por el impacto ambiental del uso de recursos energéticos de forma masiva en el mundo. Estos dos temas juntos, ha llevado a la idea de buscar soluciones a este problema mundial con algo que sea accesible a todos los seres humanos, como es el hogar, e intentar desde ahí reducir poco a poco las emisiones de carbono y optimizar el consumo de energía en el ámbito doméstico. Las tecnologías al integrarse en el hogar dan lugar a la domótica, que es una opción que debería usarse ya que aporta muchas ventajas en los hogares.

En concreto, en el hogar que se está estudiando en este proyecto se consume mucha energía de manera innecesaria por la cantidad de personas que lo habitan y que no son conscientes de las consecuencias que pueden tener. Esta elección del hogar es por la experiencia cercana de cada una de las personas de este planeta, ya que es un lugar en el que pasamos la mayor parte del tiempo la mayoría. Personalmente, siendo seis miembros en mi casa damos mucha importancia a buscar soluciones que nos puedan permitir reducir nuestro gasto energético, pero también económico. Al diseñar este sistema de gestión doméstico se busca la adaptación a todos los hogares según las necesidades de cada uno, pero siempre buscando esa finalidad.

En resumen, se busca con esta motivación crear un impacto significativo en la sostenibilidad ambiental, la reducción de la economía de cada uno y mejorar la calidad de vida de las personas, ya que se tiene que buscar también ser de utilidad para las personas. Se cree que mediante la integración de tecnologías innovadoras como es la domótica, que está en continua evolución y buscando soluciones para el futuro, se pueda buscar un futuro más sostenible, aprovechar mejor los recursos y no consumirlos de formas masivas.

1.2 OBJETIVOS DEL TRABAJO

Los objetivos de este Trabajo de Fin de Grado están ligados a las necesidades de conseguir implantar las nuevas tecnologías y conseguir buenos resultados. Estos objetivos se pueden dividir en principales y secundarios según la prioridad que tengan en los futuros resultados de este proyecto. Sin lugar a duda, el principal objetivo, alrededor del que gira todo el trabajo, es la optimización de la energía del hogar, reduciendo así el consumo energético y el consumo económico. La meta es conseguir que la factura del hogar, el cual se va a estudiar, reduzca su cantidad y el uso mensual de energía.

En primer lugar, uno de los objetivos principales que se busca es diseñar un sistema de gestión energética en el hogar. Este objetivo pretende desarrollar un sistema completo que integre tecnologías de energías renovables, economía circular, energía eficiente e inteligencia artificial. Este sistema se realizará de manera que se adapte a las necesidades específicas de cada hogar, ya que cada uno gasta más de un dispositivo o un servicio que de otro, optimizando así el consumo económico y la generación de energías. El hogar que vamos a analizar será explicado más adelante de manera detallada, pero es importante recalcar que es un hogar en el que conviven 6 personas; por lo que el consumo de energía es muy elevado y durante todos los meses hay un gasto de energía muy elevado.

El segundo objetivo central de este proyecto es implementar tecnologías que estén apareciendo ahora para que los hogares sean lo más modernos posibles. Una de estas tecnologías más importantes es la Inteligencia artificial, la cual se explicará con más detenimiento más adelante. Estas tecnologías permitirán más tarde evaluar si esta implementación tiene sentido.

A parte de estos objetivos principales que permitan crear un sistema de gestión de energía con tecnología muy evolucionada, hay objetivos secundarios que aportan un valor añadido y una mayor importancia al trabajo. Uno de estos objetivos secundarios es evaluar la viabilidad económica de las soluciones propuestas. Es fundamental analizar los costos y beneficios tanto a corto como a largo plazo que estas soluciones puedan ofrecer en

términos de ahorro energético. Es cierto que se quiere implementar soluciones que contribuyan a mejorar el planeta, pero es imprescindible que estas soluciones sean también accesibles económicamente, para que puedan ser adoptadas por el mayor número de hogares posibles.

Otro objetivo que es importante en este trabajo es que se ayude a que los miembros del hogar sean conscientes del medio ambiente, y de la cantidad de energía que consumen en su día a día y lo que se podría ahorrar en su lugar. Si conseguimos soluciones óptimas con este proceso, se llevarán a cabo estrategias de comunicación de la importancia del uso responsable de energía y tomar decisiones al respecto.

Además, se quiere que este sistema de gestión se pueda emplear en distintos escenarios. Primero ver que sea viable en el hogar y luego poder usarlo en otros lugares, como por ejemplo empresas.

Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Los objetivos generales del proyecto están también ligados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), con finalidad de promover prácticas sostenibles de gestión de energía que faciliten el acceso a soluciones energéticas asequibles, seguras, modernas y limpias, en línea con el ODS 7. Asimismo, se busca impactar positivamente en el ODS 11 al desarrollar un modelo adaptable a diferentes viviendas y comunidades, promoviendo la conciencia ambiental y soluciones energéticamente eficientes.

Además, se trabaja para fomentar la conciencia ambiental y promover el consumo responsable, en consonancia con el ODS 12. Se busca contribuir al ODS 13, mediante la reducción de la huella de carbono y la implementación de soluciones que reduzcan el impacto ambiental. Otro objetivo importante es tener en cuenta el ODS 10, que busca soluciones económicamente accesibles para promover la igualdad y reducir las desigualdades entre personas. Ligado también a la viabilidad económica, se tiene en cuenta el ODS 8 que al evaluar esa viabilidad y promover el establecimiento de tecnologías

eficientes se puede contribuir a la creación de empleo y al crecimiento económico sostenible.

Como se puede ver, todos los objetivos que se analizan están ligados con las energías sostenibles y la ayuda económica que pueda proporcionar.

1.3 METODOLOGÍA

Este trabajo de fin de grado tiene como objetivo analizar un hogar en concreto y ver como este sería afectado por la domótica. Ver si el sistema de gestión para optimizar la energía que vamos a emplear tiene ventajas y sería una forma de ahorrar energía en los hogares. Para ello tenemos que hacer un estudio del antes y después de haber aplicado esa Inteligencia Artificial o los distintos sensores.

Para empezar, este estudio tiene como características principales que es un análisis exploratorio-descriptivo. Se trabajará sobre un caso concreto evaluando el impacto que tiene la domótica en él. En concreto, este trabajo será enfocado en los miembros del hogar que se va a estudiar, pero, posteriormente, si los resultados que se obtienen son satisfactorios (se reduce la cantidad de energía empleado, disminuye el valor de la factura mensual, o mejora la calidad de vida de las personas que habitan el hogar) se empleará en otros escenarios, tanto distintos hogares como empresas o cualquier infraestructura. Este proyecto es un estudio y una implementación de un sistema domótico que va a ayudar al futuro de muchos de los habitantes de este planeta, y al planeta en sí.

Para recopilar los datos para este trabajo, se analizarán datos mediante métodos cualitativos y cuantitativos. Estos datos provienen de un estudio detallado de las características del hogar, que se realizará a lo largo de este proyecto, y de búsquedas de información relacionada con la domótica en la actualidad. Los datos de consumo de la energía de ese hogar en concreto serán proporcionados por los mismos residentes. Estos datos serán analizados cuantitativamente para identificar tendencias de consumo, patrones de uso, lugares con mayor uso diario..., o cualquier dato que veamos que se repite

considerablemente y que hace que se consuma una gran cantidad de energía, y se llevará a cabo el sistema de gestión domótico que consideramos necesario introducir y vemos que es más viable. Todo este estudio proporcionará unos datos completos para analizar con detenimiento todos los problemas y consumos innecesarios que se dan en los hogares actuales. Al final, se realizará un análisis de costos y beneficios para evaluar los ahorros que se obtendrían con este sistema domótico.

En este estudio se garantiza la confidencialidad de los datos de los miembros del hogar con los que se va a trabajar y se obtendrá su consentimiento antes de empezar a recopilar datos.

1.4 ESTRUCTURA DEL TRABAJO

El presente trabajo está organizado en nueve capítulos, estructurados de la siguiente manera y en donde cada uno habla sobre datos que aportan mucha información en este trabajo. Se puede apreciar cuál es el propósito de cada uno de los capítulos para así facilitar al lector por la navegación del documento informe.

Capítulo 1: Introducción.

En este capítulo se presentan los objetivos que se tienen a la hora de realizar el trabajo, la justificación del tema seleccionado y por qué es relevante, la metodología y la motivación que se siguen al realizarlo; y, por último, una visión general de la estructura del trabajo, que corresponde con esta sección.

Capítulo 2: Marco Teórico.

Se ofrece una revisión de la literatura existente sobre la domótica y la optimización energética, donde se tratan conceptos claves como las tecnologías existentes que se pueden emplear actualmente, y los beneficios y complicaciones asociados a la implementación de sistemas domóticos.

Capítulo 3: Descripción del Caso de Estudio.

Este capítulo sirve para orientar el proyecto realizado a un hogar concreto y ver como esto evoluciona ahí, y más tarde aplicarlo en otros lugares. Por lo tanto, este capítulo se centra en describir las características del hogar objeto de estudio, incluyendo el perfil energético del piso de seis miembros ubicado en Madrid centro, y la situación actual del consumo energético que tiene el lugar.

Capítulo 4: Soluciones Domótica para la Optimización Energética.

Se exploran las soluciones domóticas para mejorar la eficiencia energética, como puede ser la iluminación inteligente, el control de la climatización, la gestión de electrodomésticos, la monitorización del consumo energético y la integración con las energías renovables que se pueden emplear en el hogar.

Capítulo 5: Implementación de la Solución.

Se centra, principalmente, en detallar los procesos de selección, diseño, instalación y configuración de los dispositivos y sistemas domóticos, así como los costos que suponen la implementación de todas estas tecnologías.

Capítulo 6: Análisis de Resultados.

Es importante que, después de haber realizado todo el estudio asociado al sistema domótico aplicado en el hogar, se haga un profundo análisis de los resultados obtenidos al aplicar el sistema, y ver si estos resultados han mejorado el consumo energético evaluando si se ha reducido el coste pagado en años anteriores a todo el tema de consumo del hogar, es decir si se han producido ahorros. Además, si esto ha impactado para bien en la calidad de vida de los residentes del hogar.

Capítulo 7: Discusión y Conclusiones

En este último capítulo se discute la solución implementada y algunas posibles mejoras en el futuro, en el caso de que el análisis no sea el que esperamos. Además, es importante resumir en este capítulo los hallazgos claves de este estudio y las

recomendaciones de aplicar este caso en hogares o lugares similares, contribuyendo poco a poco a la reducir la huella de energía en el mundo.

1.5 JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

En un contexto global donde la sostenibilidad y la eficiencia energética son cada vez más importantes, y se convierten en una prioridad que deben tener en cuenta todos los seres humanos. Todo esto se puede conseguir con pequeños pasos que cada uno debería implementar en su hogar como puede ser la implementación de sistemas domóticos en los hogares ofreciendo una solución prometedora para reducir el consumo energético y mejorando la calidad de vida de los residentes. La domótica, entendida como el conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de la vivienda, permite optimizar el uso de los recursos energéticos, contribuyendo así a los esos dos factores que hemos mencionado anteriormente, la sostenibilidad ambiental y la eficiencia energética reduciendo los costos económicos.

Vamos a analizar las importancias que tiene este tema en los distintos ámbitos que pueden preocupar a una persona.

- *Relevancia social y ambiental.* La reducción del consumo energético en los hogares es esencial para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y combatir el cambio climático. Implantar sistemas domóticos no solamente promueve reducir esta emisión y así conseguir la sostenibilidad, sino que también fomenta la adopción de tecnologías verdes al servir de ejemplo para otras personas que poco a poco lo irán implantando.
- *Relevancia económica.* La domótica ofrece una forma eficaz de reducir las facturas que llegan a los hogares de la energía eléctrica y otros servicios como el gas o el agua. Es verdad que la implementación de domótica en el hogar puede tener un elevado costo al principio, debido a lo que cuesta cada uno de estos aparatos, pero es verdad que el retorno de la inversión a través de ahorros a largo plazo hace que estos sistemas sean económicamente viables, ya que se

consiguen amortizar esa cantidad inicial más adelante y conseguir ahorros considerables.

- *Relevancia tecnológica.* Actualmente nos encontramos en un entorno donde la tecnología está evolucionando de forma continua y de forma masiva. Por lo tanto, el consumidor de hoy en día va a tener más consciencia de las nuevas tecnologías y verá que estas soluciones sean más accesibles y asequibles. Al implementar estos sistemas domóticos se está transformando los hogares en espacios más inteligentes y eficientes.
- *Relevancia académica.* Otro de los aspectos que pueden ser relevantes al hacer este trabajo es la contribución al conocimiento existente sobre la eficiencia energética y domótica, ofreciendo datos y análisis que puedan ser útiles para futuras investigaciones. Además, en este trabajo se exponen distintas ideas sacadas de literaturas existentes que justifican y abordan la necesidad de esta investigación.

Capítulo 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 CONCEPTO DE DOMÓTICA

Las tecnologías se encuentran en continuo avance y evolución. La tecnología es el futuro y se emplea en todas las disciplinas, como por ejemplo la educación, la vida laboral, en los vehículos..., y los hogares. Esta tecnología ha hecho posible que los hogares se conviertan en hogares inteligentes con mayor seguridad, eficiencia energética o con dispositivos avanzados; todo esto sin afectar al confort de los miembros del hogar ni a la seguridad del hogar.

En concreto, este uso de la tecnología en el hogar se conoce como domótica,(2) que a través de la automatización y el control inteligente de los sistemas que forman el hogar, permite conseguir una serie de beneficios que mejoran el hogar; como por ejemplo la comodidad, la seguridad o la comunicación, es decir mejora la calidad de vida. Además, ayuda a saber cómo utilizar la energía o el agua de manera eficiente y adaptando su uso a las necesidades de los miembros del hogar. (3)Estos residentes tendrán un mayor control en aspectos como la iluminación, el funcionamiento de electrodomésticos, la climatización o el uso del agua; optimizando así los recursos naturales y reduciendo el coste de energía. Además, la domótica permite que se sepa la cantidad de energía empleada en el hogar, por lo que permite que se sea consciente del incremento del uso y la necesidad de modificar nuestros hábitos para así permitir el ahorro. (4)

La domótica cada vez se usa más en los hogares y estos son diseñados directamente con esta opción, haciendo que los hogares sean más personales y flexibles, ya que la domótica se adapta a las necesidades de manera que conoce los hábitos de cada miembro del hogar. Este sector está evolucionando considerablemente en los últimos años. Al fin y al cabo, la domótica es una tecnología bastante avanzada para el tiempo en el que se encuentra. La tecnología no para de evolucionar, con lo cual la domótica está continuamente mejorando para aportar soluciones dirigidas a todo tipo de viviendas, con la

ventaja de que cada vez es una tecnología más fácil de usar, permitiendo ser empleada por cualquier usuario, y sobre todo de instalar y de arreglar en caso de que se produzca algún fallo en el sistema.

Uno de los principales objetivos que tiene la domótica es mejorar la calidad de los miembros del hogar, facilitando también la gestión de los diferentes dispositivos del hogar como, por ejemplo, la iluminación, los electrodomésticos, el aire acondicionado, los sistemas de seguridad...

Podemos definir cuatro principales ventajas de la domótica. La primera, como es de esperar y que ya hemos mencionado, es el ahorro de energía ya que podemos obtener beneficios como la obtención de información sobre el consumo energético, o incluso administrar los electrodomésticos y la luz para que sean más eficaces. La segunda ventaja es la accesibilidad porque todo lo que hay en los hogares son dispositivos sencillos y fáciles de emplear con domótica. Siguiendo con las ventajas, podemos decir que la domótica proporciona mucha seguridad a los hogares que cuentan con ella, ya que incorpora sistemas de alarma para cualquier situación fuera de lugar, o, incluso, programar y organizar todo sin que los miembros de la vivienda no estén presentes. Y, por último, destacamos el confort que ofrece, porque permite que los servicios de nuestro hogar se ajusten a nuestras necesidades.

La domótica también tiene algunas desventajas que es importante nombrar. (5,6) Por ejemplo, al comienzo, la implementación del sistema domótico puede suponer una inversión alta que, obviamente, luego se compensará con el ahorro que se conseguirá al optimizar la energía; otra desventaja que puede tener este tipo de tecnología es la posibilidad de fallos en el sistema que puede influir en el bienestar de la vivienda; y otra desventaja puede ser la sobrecarga del sistema que hace que se realice todo de forma más lenta y que haya que depender del proveedor para obtener los datos, y en el caso de que este propietario (empresa) quiebre, el sistema se verá perjudicado.

Dentro de la domótica podemos definir diferentes elementos que pertenecen a esta tecnología. Se va a ir definiendo cada uno de estos elementos para saber los distintos componentes de los que hay que tener en cuenta.

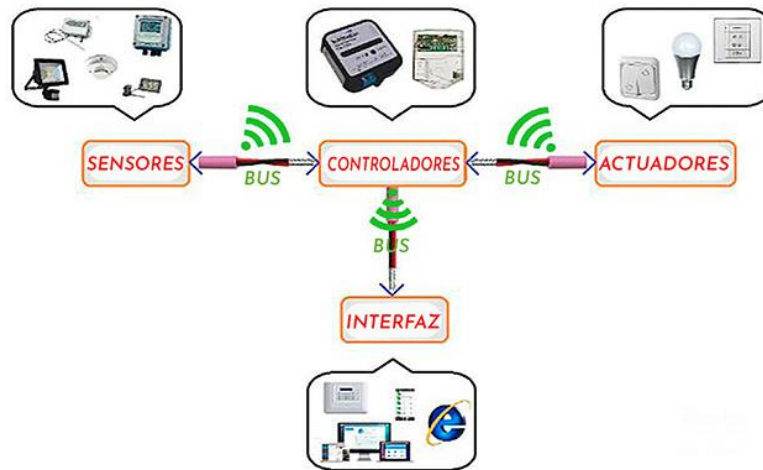


Ilustración 3 - Elementos de los sistemas domóticos

- Unidad central: es el centro del sistema donde se almacena la programación, y a partir de donde salen los distintos cables para conectar los elementos que se van a seguir mencionando, y que permite que estos se comuniquen entre sí y dar lugar a un buen funcionamiento. No es obligatorio la presencia de una unidad central, ya que los distintos elementos pueden incluir su programación individual y comunicarse con el resto de manera independiente.
- Pantalla de control: son los elementos que permiten interactuar con el sistema. Estas pantallas de control pueden estar en los dispositivos móviles y controlar los elementos por Bluetooth.
- Sensores: recogen información del exterior y la envían a la unidad central, por ejemplo, cuando no detecta la presencia de un ser humano, se apagan las luces. Estas señales son entradas de nuestro sistema en la unidad central. Hay distintos tipos de sensores que proporcionan distintos tipos de señales.

- Actuadores: estos son los que ejecutan las ordenes que manda el sistema. Son las respuestas a las entradas de los sensores, por lo que son las salidas de la unidad central.
- Interfaces: permiten conectar la instalación domótica con otro sistema, como es el caso de Alexa o Google Assistant.
- Cableado: permite que se unan los distintos elementos que forman parte del sistema y que se comuniquen con la central. Estos cables pueden ser de diferentes tipos como cable trenzado, fibra óptica o PLC (Comunicación a través de líneas eléctricas). También esta unión puede ser por medio de una comunicación inalámbrica, que se realiza por medio de baterías que hay que cargar cuando se descargan.

Podemos clasificar los distintos sistemas domóticos para viviendas en diferentes categorías(7):

- Sistemas domóticos con cable exclusivo es más seguro, rápido y eficaz, ya que no hay interferencias al ser cada uno para su propia funcionalidad. Funciona por medio del uso de cables dedicados (BUS). Estos son empleados en viviendas donde la estructura es más compleja y necesita una gran cantidad de información, por lo que es mejor que cada cable realice su funcionalidad.
- Sistemas domóticos con cable compartido es el más recomendable cuando la transmisión no es de un gran volumen de información. Se emplea el cable de alimentación eléctrica normal.
- Sistemas domóticos inalámbricos en lo que la señal se envía por medio de ondas de frecuencia. Es la opción más recomendable ya que es la más sencilla de instalar y se tiene acceso de manera simple y desde cualquier punto y momento.
- Sistemas domóticos mixtos combinan instalaciones domóticas con cable e inalámbrico.

2.2 CONTRIBUCIÓN AL AHORRO DE ENERGÍA

El consumo de energía en los hogares españoles es muy elevado y hay que buscar alternativas para que se vea reducido. La domótica permite buscar contribuir a esa reducción mediante el ahorro de energía y el ahorro económico. La domótica puede reducir hasta un 30% del consumo de energía en el hogar. Actualmente, los precios de los recursos tienden a ser muy elevados ya que cada vez son más escasos. Por lo tanto, es importante aplicar la domótica en nuestros hogares, en distintos aspectos y dispositivos del hogar, como se va a explicar a continuación.

Primero de todo, la iluminación es uno de los servicios más empleados en el hogar, ya que todas las habitaciones que forman los hogares cuentan con luz, por lo menos con una o más bombillas(8,9). Cambiar estas bombillas por unas inteligentes que se puedan controlar por medio del teléfono móvil, o implantar sistemas de detección de movimiento en los pasillos o las zonas comunes de la vivienda, pueden ser unas maneras más eficientes de usar la luz. Además, estas bombillas inteligentes adaptan la intensidad de la luz en función de la luz solar del momento, la zona en la que se haya la vivienda (según las horas de luz del día) o la presencia de miembros del hogar. Y, algo más básico de estas bombillas, es el control del encendido y apagado de estas por medio de una aplicación móvil. También, la domótica permite controlar de forma automática las persianas o cualquier mecanismo que impida el paso de la luz solar, para así aprovechar al máximo la luz de fuera y que no haya que usar de manera innecesaria la luz artificial.

Otro de los aspectos en los que interviene la domótica y que permite contribuir al ahorro de la energía es el control de los electrodomésticos(10). Sin darnos cuenta, los electrodomésticos son los principales responsables de la demanda energética en nuestras viviendas. Por lo que, gracias a la domótica, los miembros del hogar tienen la capacidad de tomar el control de la mayoría de ellos de manera sencilla. Los hogares están formados por distintos electrodomésticos como frigorífico, congelador, televisión, lavadora, secadora, lavavajillas, horno u ordenadores. Los electrodomésticos cuando están enchufados siguen consumiendo energía, por lo que programar la desconexión de estos cuando no están

siendo usados es importante. Además, hay horas del día (hora punta) donde el coste de la energía es más elevado ya que la demanda de la energía por las viviendas es también alta. Por lo tanto, se pueden programar estos aparatos para que se empleen en las horas donde la demanda es más baja, como es el caso de las tres de la mañana, cuando podemos programar una lavadora o el lavavajillas. También podemos programar para que, cuando los electrodomésticos superan un límite de consumo energético, llegue una alerta para ser conscientes del uso de estos; ya que los sistemas domóticos tienen la capacidad de recopilar información de los dispositivos.

El aire acondicionado y la calefacción son otros de los aspectos fundamentales que forman un hogar. El control sobre la temperatura de los hogares permite mantener el confort dentro de las viviendas. Se puede adaptar la temperatura de todas las habitaciones según las necesidades específicas de cada miembro de la familia que vive en ese hogar. Es verdad que, al mantener la casa a la misma temperatura, hace que desperdiciemos esa energía en algunas habitaciones de manera innecesaria. Por ejemplo, se podría apagar la calefacción desde tu móvil en caso de que no haya nadie en el hogar y no se quiera mantener la casa con calor.

En la siguiente tabla se recogen algunas de las aplicaciones que se proporcionan gracias a la domótica, y que resume un poco lo anterior mencionado. Estos servicios se pueden clasificar de acorde con las ventajas mencionadas anteriormente.

Tabla 3 - Elaboración propia Ventajas de la domótica

Ahorro energético	<ul style="list-style-type: none"> - Cuantificación del uso energético y programar alertas con determinado uso. - Control del uso de los distintos dispositivos y servicios en el hogar, poder apagarlos si no están en uso o programar su encendido según la hora más económica. - Control del uso de la calefacción por medio de termostatos inteligentes. - Control de persianas mediante el uso de sensores para
-------------------	--

	saber cuando hay horas de luz fuera y así reducir el uso de luz en el interior.
Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> - Alertas automáticas con la detección de un ser humano - Detección de incendios o problemas como una inundación. - Cámaras con acceso remoto. - Cerraduras inteligentes - Simulación de presencia programando los servicios durante la estancia o la ausencia en el hogar.
Confort	<ul style="list-style-type: none"> - Automatización de apagado/encendido de luces. - Control remoto de electrodomésticos. - Sistema de entretenimiento mediante el uso de sistemas de audio y video.
Accesibilidad	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de asistentes de voz como Alexa - Sistemas de automatización personalizados.

2.3 EFICIENCIA ENERGÉTICA

Los sistemas de domótica permiten controlar el consumo de energía de cada uno de los dispositivos y servicios de una vivienda, adaptando las instalaciones para así reducir significativamente el consumo energético.(11) El uso de domótica en los hogares son una inversión para el futuro, ya que no solo reducen la energía sino también el costo energético. El ahorro de energía es cada vez más importante y los hogares aun así continúan consumiendo grandes cantidades de electricidad y gas.

Lo principal de la domótica es que puede monitorizar el consumo energético y gestionar los suministros de manera eficiente, lo que hace que se ahorre mucha energía en los hogares. Esto hace que los consumos de electricidad, gas o agua estén siempre bajo

control porque se registran y guardan los datos sobre el consumo. Esto nos permite comprobar la eficiencia energética por medio de la domótica durante años.

Cuando hablamos de eficiencia energética consiste en realizar un sistema de gestión de las instalaciones que ya forman nuestro hogar para así modificarlas y que permitan que el consumo de la energía sea menor; no implica hacer una instalación completamente nueva en el hogar, solo es una variación por medio de las tecnologías. La domótica divide la eficiencia energética en dos ramas, donde una es el aprovechamiento máximo de la energía de la que se dispone, y la otra es usar alternativas de fuentes de energía como energías verdes que buscan la sostenibilidad del medio ambiente.

El cambio climático es algo que está afectando de forma considera en estas nuevas generaciones, por lo que se tiene que buscar con la implantación de las nuevas tecnologías que se disminuya el impacto de la energía en los ecosistemas, reduciendo entre un 25% o 30%, reduciendo entre un 25% o 30% de lo que se consume habitualmente en la vivienda. La domótica en eficiencia energética va a influir de manera considerada, ya que no es algo que va a influir también en la economía de cada hogar, lo que atrae a un mayor número de personas.

2.3.1 ECONOMÍA CIRCULAR

La economía circular se centra en aprovechar y reutilizar los recursos para así reducir el uso masivo de los recursos y cuidar el medio ambiente.(12) Esto visto en el hogar se traduce en hacer los dispositivos de manera que duren el mayor tiempo posible, que se puedan reparar y que los materiales de los que están fabricados se pueden reutilizar y reciclar. Por lo que los elementos van a tener mejor calidad y una duración más larga.

Es importante tener en cuenta la economía circular ya que permite contrarrestar la sobrecarga a la que está afectada el planeta con el tema del uso de residuos. Algunas de las ideas principales donde se puede aplicar economía circular en el hogar, orientado también en el uso de energía, es en la reparación de dispositivos, es decir, mirar primero si se pueden arreglar antes de tirarlo a la basura y así no desperdiciarlos tan rápidamente. Es

importante el consumo responsable en el hogar, ver si los dispositivos son realmente sostenibles y necesarios a corto o largo plazo. Otra opción es medir el consumo de energía y agua para así ayudar en el medioambiente. Y, por último, optar por las fuentes de energía renovables como se explicará en el siguiente apartado.



Ilustración 4 - Economía circular(13)

2.3.2 ENERGÍAS RENOVABLES

Las energías renovables son aquellas que se obtienen a partir de fuentes naturales, como el sol o el viento, por lo que se consideran inagotables y no producen emisiones de gases de efecto invernadero. (14) Estas energías tienen distintos tipos de ventajas como el respeto por el medio ambiente, están continuamente evolucionando o que son autóctonas y se generan a partir de fenómenos naturales.

Hay diferentes tipos de energías renovables.(15) La energía solar que consiste en aprovechar las radiaciones del sol por medio de células fotovoltaicas o paneles solares. La energía eólica que se obtiene por medio del viento al mover las aspas de un aerogenerador. La energía hidráulica que aprovecha el movimiento del agua para generar energía eléctrica, este tipo de energía se obtiene mediante el aprovechamiento de corrientes y mareas. La

energía geotérmica, la cual se consigue por medio del calor interno de la corteza terrestre. Y, por último, para incluir en las energías renovables más destacadas hablamos de la energía de biomásas que se obtiene a partir de restos orgánicos, de la materia orgánica que proviene de plantas, árboles o desechos de animales.

Se va a mencionar la principal energía renovable que se usan en el hogar y permiten que este tipo de construcciones sean más eficientes en temas de energía. La única energía que permite el autoconsumo es la energía solar fotovoltaica, lo cual implica encontrarse con edificios que incluyen este tipo de energía para la optimización del consumo de energía. Los paneles solares fotovoltaicos permiten convertir directamente los rayos que llegan del sol en energía eléctrica. Podemos aplicar la domótica también en estos paneles, y permitir que se orienten hacia el sol de manera remota. También permite que se ahorre la energía, por ejemplo, por la noche se consume menos energía por lo que es útil almacenarlo a través de baterías.



Ilustración 5 - Energías renovables en el hogar

2.4 ASPECTOS LEGALES Y NORMATIVOS RELACIONADOS CON LA DOMÓTICA Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Actualmente no existe una ley que unifique los criterios de la instalación de la domótica en los hogares, pero sí que se ha desarrollado una norma entre las empresas que se dedican a la domótica y que están en el CEDOM, la EA0026: “Instalaciones de sistemas domóticos en viviendas. Prescripciones generales de instalación y evaluación” que hace referencia a las instalaciones de sistemas domóticos en el hogar.

En España se han definido diferentes directivas que al final dieron lugar a diferentes criterios que se deben cumplir como el Código Técnico de Edificación, el Reglamento de Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones o el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

El Código Técnico de Edificación (16) es el marco normativo que establece las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad. Se puede encontrar el documento básico HE de ahorro de energía en los edificios, donde se incluyen aspectos como la limitación del consumo energético, las condiciones para el control de la demanda energética o condiciones de las instalaciones de iluminación, entre otros. Tiene como objeto establecer las reglas y procedimientos que permiten cumplir el requisito básico de ahorro de energía.

2.5 TECNOLOGÍAS Y SISTEMAS DISPONIBLES EN EL MERCADO

En la actualidad, la domótica se emplea en algunos de los hogares.(17,18) En este apartado se van a analizar algunas de las tecnologías y sistemas domóticos disponibles en el mercado que ayudan a mejorar la eficiencia energética, esto incluye sistemas de gestión de energía, dispositivos inteligentes, sensores, sistemas de automatización, entre otros.

Todos estos sistemas domóticos cuentan con Inteligencia Artificial, Internet de las Cosas (IoT), sistemas de aprendizaje automático (machine learning) o plataformas de

telecomunicaciones y conexión inalámbrica. La Inteligencia Artificial en nuestros hogares permite crear diferentes mecanismos de automatización, que va aprendiendo poco a poco y se van añadiendo a los anteriores. Dentro de la Inteligencia Artificial contamos con el Machine Learning (ML) que permite identificar patrones y hacer predicciones de comportamientos en los hábitos del hogar. Trabajar con inteligencia artificial también permite analizar volúmenes de datos masivos (big data) y así hacer predicciones de las preferencias de los miembros del hogar y así hacer recomendaciones. Aprende de nuestros hábitos como, por ejemplo, encender la calefacción cuando estemos solo en casa. En cuanto al Internet de las Cosas, las casas inteligentes cuentan con dispositivos que se conectan entre sí y se comunican de forma directa. Los dispositivos que cuentan con IoT permiten recoger una gran cantidad de datos y transformarlos al mundo digital, donde se almacenan, se procesan y se usan para tomar decisiones posteriores.

Los sistemas domóticos incluyen dispositivos que se conectan al hogar por medio de una red WiFi, por lo que pueden ser controlados por medio de una aplicación móvil. El mercado de las soluciones y dispositivos inteligentes para el hogar en España crecerá hasta un 300% para este año 2024, según la firma de investigación de mercados *Valuates*; esto se debe a toda la cantidad de ventajas que aporta este tipo de servicio. Actualmente, una de las opciones de domótica que está más presente en el día a día son los asistentes por voz y las pantallas inteligentes. Entre los asistentes más populares encontramos alguno muy conocido como es el caso de Alexa de Amazon, Google Assistant de Google o Siri de Apple. Estos dispositivos incluyen una gran variedad de ventajas que pueden ser de utilidad en el día a día, como reproducir música cuando uno quiera, y que además permiten reducir las tareas en el hogar o pequeños descuidos que consumen gran cantidad de energía, como es el caso de dejar las luces de casa encendida, bajar la temperatura. Estos son los asistentes de voz que se pueden combinar con las pantallas digitales que permiten, entre otros, reproducir películas y controlar las cámaras de seguridad del hogar. Al controlar las cámaras de seguridad hará que el hogar sea más seguro, ya que puede enviar una notificación al teléfono móvil si el miembro del hogar se encuentra fuera de este, reduciendo significativamente el riesgo.

Además de estos dos últimos aparatos, actualmente los hogares que cuentan con sistemas domóticos tienen también iluminación inteligente, que se puede conectar con los asistentes anteriores ya que pueden ser controlados por voz o por medio de una aplicación, donde se puede programar horarios de iluminación ajustándose a los gustos de las personas. Ligado a la iluminación, existen también los enchufes inteligentes que regulan la luz si se quiere programar para unas horas establecidas. Otra opción son los termostatos inteligentes que permiten configurar la temperatura del hogar por medio de un teléfono móvil o una Tablet, o conectarse a otros dispositivos inteligentes como sensores de movimiento y luces; lo que supone un ahorro energético a largo plazo. Y, continuando con la mención de dispositivos inteligentes, destacamos los electrodomésticos inteligentes, los cuales también disponen de conexión a Internet, como los famosos frigoríficos inteligentes que permiten, entre otras, controlar las existencias de los alimentos que hay en su interior.

Para reducir riesgos en el hogar, también existe en la actualidad los detectores inteligentes de humo y monóxido de carbono. Estos aparatos controlan el humo y son capaces de identificar en qué habitación se está produciendo este caso, notificar de la presencia de humo y poder apagarlo lo antes posible. Esto hace que las personas que habitan el hogar sean capaces de abandonarlo de manera segura y sin ningún tipo de preocupación. Como último ejemplo, haciendo relación al riesgo en el hogar, están las cerraduras inteligentes que permiten asegurar el hogar, no solo abriendo y cerrando puertas, sino también controlando quién ha entrado en el hogar o encendiendo y apagando las luces cuando se entra en el hogar o cuando uno sale.

Como se puede ver, hay una gran variedad de sistemas en el mercado que permiten que el hogar esté más automatizado, seguro y limpio; controlándolo todo a través de un panel de control. Esto también hace que se reduzca la energía empleada, ya que esta está mucho más controlada, y contribuir a la eficiencia energética.

Más adelante se analizarán distintos elementos que se contratarán para poder llevar a cabo la domótica que se va a establecer en el hogar que se está estudiando.

Capítulo 3. LUGAR DE ESTUDIO

3.1 DESCRIPCIÓN DEL INMUEBLE

El hogar que vamos a estudiar se encuentra en plena ciudad de Madrid (España), en concreto dentro del barrio de Chamberí, por lo que este hogar es un piso dentro de una comunidad de vecinos formada por dos escaleras, con cada una de ellas siete pisos con dos casas en cada uno de ellos.

El hogar se encuentra en el sexto piso, por lo que es un hogar muy amplio y luminoso, con muchos ventanales por donde entra mucha luz durante el día. El piso cuenta con varias habitaciones: dos salones, uno más amplio que el otro; una cocina, que incluye una habitación para la lavadora y otra habitación de servicio; hay tres dormitorios con distintas medidas; y tres baños equipados al completo (con ducha, inodoro y lavabo). Estas habitaciones están distribuidas de manera funcional, aportando comodidad a los miembros del hogar. Aunque sea una vivienda amplia, no deja de ser un piso acogedor, con muchos muebles y detalles.

Tabla 4 - Elaboración propia Medidas habitaciones hogar

HABITACIÓN	MEDIDA (M2)
SALON / COMEDOR	39.3
RECIBIDOR	8.35
CUARTO DE ESTAR	15.6
COCINA	13.4
CUARTO DE SERVICIO	8.2

CUARTO LAVADORA	2
DORMITORIO 1	13.4
DORMITORIO 2	18.3
DORMITORIO 3	22.5
BAÑO 1	3.85
BAÑO 2	3.8
BAÑO 3	5.2

Cada una de estas habitaciones está equipada con una serie de dispositivos electrónicos y electrodomésticos que contribuyen al consumo energético global del hogar.

- Salón/Comedor: esta sala es el centro de las actividades familiares equipada con un televisor de pantalla plana con 85 pulgadas, un sistema de sonido envolvente, tres lámparas para iluminar la estancia más las seis bombillas en el techo, una consola de videojuegos, un aire acondicionado y dos radiadores al ser una estancia más amplia.
- Recibidor: esta estancia es más pequeña y solo cuenta con un pequeño radiador y cuatro bombillas en el techo.
- Cuarto de estar: se trata de una sala más pequeña que el actual salón, pero que también cuenta con un radiador, un ordenador de escritorio, una televisión y un aire acondicionado para que esté a la temperatura adecuada.
- Cocina: es la sala que más electrodomésticos tiene, ya que sirven para todo el tema de la alimentación o de las tareas del hogar. Se cuenta con un lavavajillas, una nevera, un congelador, un microondas, un congelador para botellas de vino, una

- Thermomix, un tostador y una cafetera (estos son los dispositivos que están continuamente enchufados en la cocina)
- Cuarto de servicio: este cuarto es una sala pequeña donde se usa sobre todo la plancha, y tiene también un ventilador y un radiador.
 - Cuarto de lavadora: como su propio nombre indica, aquí se encuentra la lavadora que es usada al menos una vez al día por los miembros del hogar.
 - Dormitorios: los tres dormitorios, a pesar de tener dimensiones distintas, cuentan los tres con las mismas facilidades, un aire acondicionado, y un radiador. Cada dormitorio tiene dos lámparas de noche, un ordenador portátil y dispositivos para cargar los distintos dispositivos móviles o tabletas.
 - Baños: los tres baños cuentan con sistemas de iluminación LED y con un radiador por cada uno de los baños.

3.2 SITUACIÓN ACTUAL DEL CONSUMO ENERGÉTICO

En esta vivienda habitan seis miembros (dos adultos y cuatro adolescentes), que están en ella largas horas durante el día, por lo que el consumo de energía es muy elevado. Se ha analizado los distintos consumos de distintos meses a lo largo de un año entero, y como se puede ver en la siguiente imagen, este es el consumo de los distintos meses:

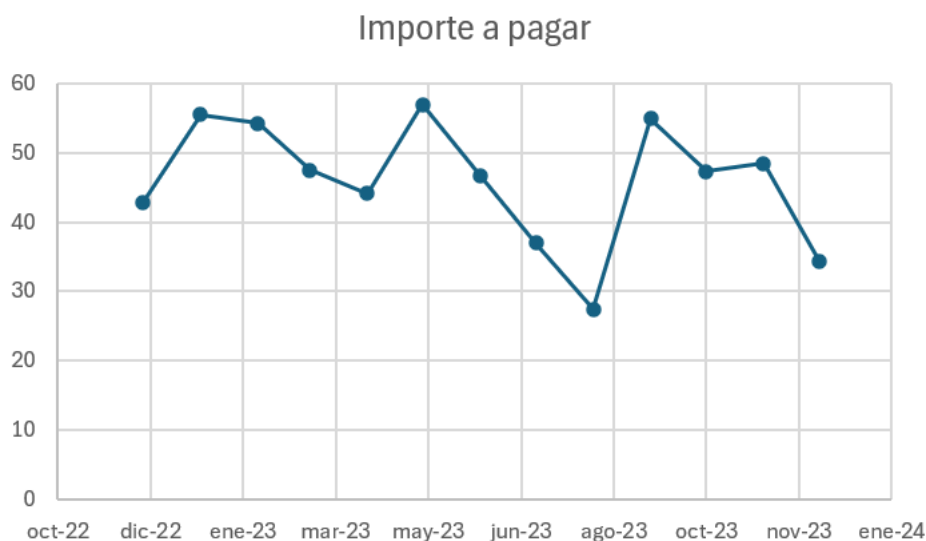


Ilustración 6 - Gráfica del importe del consumo de energía en el hogar

Y en la siguiente tabla, se muestra el coste del consumo de energía que se debe a cada mes del año:

Fecha	Importe a pagar
dic-22	42,89
ene-23	55,47
feb-23	54,17
mar-23	47,48
abr-23	44,07
may-23	56,91
jun-23	46,57
jul-23	36,98
ago-23	27,45
sep-23	54,86
oct-23	47,23
nov-23	48,44
dic-23	34,32
Total	596,84

Ilustración 7 - Costes del consumo de energía durante un año

Ahora se ha analizado el consumo de agua en el hogar durante el año entero. El consumo de agua y su importe se debe principalmente a la calefacción o al uso de agua

para distintas necesidades. Como se puede ver hay meses donde los picos son más altos, esto se debe principalmente a que cada dos meses se cobra, a parte del agua caliente, el agua fría. El agua fría es mucho más barata, por lo que la diferencia entre los meses no es tan significativa. En la primera gráfica de debajo se muestra el importe de cada mes, incluyendo tanto el agua fría como el agua caliente, y los gastos de mantenimiento.

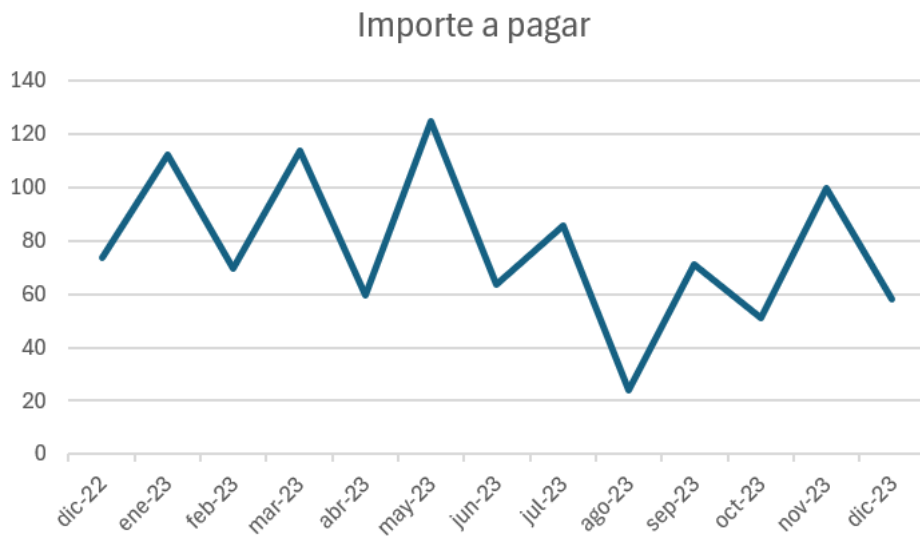


Ilustración 8 - Importe a pagar del consumo de agua a lo largo de un año

En la siguiente tabla se muestran los distintos meses del año 2023 y el importe total de cada uno de ellos.

Fecha	Importe a pagar
dic-22	73,56
ene-23	111,84
feb-23	69,35
mar-23	113,73
abr-23	59,35
may-23	124,5
jun-23	63,71
jul-23	85,7
ago-23	24,23
sep-23	71,05
oct-23	51,15
nov-23	99,42
dic-23	58,07
Total	1005,66

Ilustración 9 - Tabla Excel Elaboración Propia del importe total a pagar del consumo de agua

En cuanto a las facilidades de las que disponen estos miembros del hogar, se centra en las siguientes características específicas del hogar:

- Climatización. El piso cuenta con un sistema de calefacción central y aire acondicionado, lo que contribuye significativamente al consumo energético, especialmente durante los meses de verano e invierno. En la siguiente imagen se muestra el tipo de aire acondicionado con la cuenta cada una de las estancias del hogar. Este aire cuenta con un mando de control que permite apagar y encender el dispositivo y controlar la temperatura al gusto del consumidor.



Ilustración 10 - Aire Acondicionado AC Daikin Industries FTYN35CVMB9



Ilustración 11 - Mando control Daikin Industries FTYN35CVMB9

- Iluminación. EL sistema de iluminación incluye una combinación de bombillas incandescentes, que no son muy eficientes desde el punto de vista energético, aunque proporcionan gran cantidad de luz. Las bombillas incandescentes convierten solo alrededor del 10% de la energía eléctrica en luz, mientras que el 90% se pierde en forma de calor. Al contar con bombillas incandescentes, el consumo energético puede ser significativo debido a la ineficiencia que suponen estas bombillas. Estas bombillas consumen mucho más que las bombillas LED, que se trata de bombillas con tecnología más eficiente y que consumen

significativamente menos energía ya que consumen aproximadamente un 80%-90% menos energía que las incandescentes.

- Ventanas y aislamientos: las ventanas juegan un papel crucial en la eficiencia energética de una casa, ya que la calidad de las ventanas y su aislamiento pueden afectar significativamente al consumo de energía, sobre todo si lo enfocamos a temas de calefacción y aire acondicionado, debido a que se puede perder gran cantidad de energía por las ventanas.

En cuanto al consumo debido a los electrodomésticos, presenta una parte significativa del gasto total en energía. Este consumo varía según el tipo de electrodoméstico, su eficiencia energética y la frecuencia de su uso. En la siguiente imagen se muestra los electrodomésticos con mayor uso en el hogar estudiado.

Demanda Eléctrica de Electrodomésticos

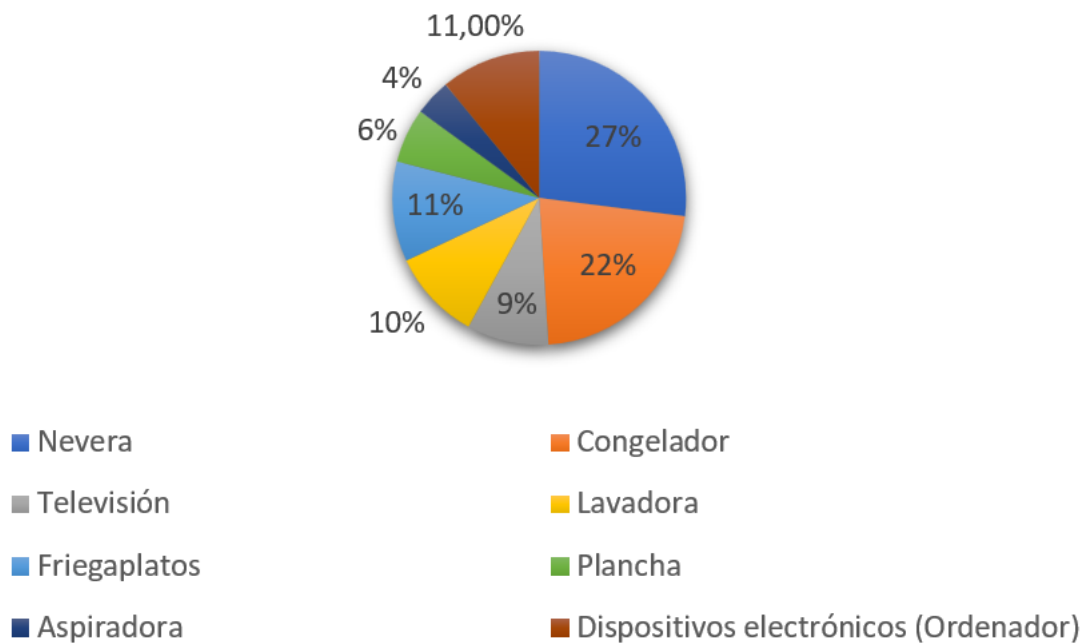


Ilustración 12 - Demanda eléctrica de los electrodomésticos

3.3 PERFIL ENERGÉTICO DEL HOGAR

El perfil energético del hogar se caracteriza por un alto consumo debido a la cantidad de miembros y la presencia de numerosos dispositivos eléctricos y electrodomésticos. A continuación, se detalla el consumo energético de los principales elementos que hay presentes en el hogar, que se han descrito anteriormente según donde estuviesen implantados en la zona del lugar de estudio.

- Salón y la sala de estar. Estas dos estancias son usadas más o menos durante la misma cantidad de tiempo y durante varias horas al día, especialmente en la tarde y la noche cuando los miembros del hogar usan la televisión o realizan actividades familiares. Es verdad, que la proporción de uso es mayor durante el fin de semana cuando también se usa la consola de videojuegos, y el televisor durante varias horas. Durante toda la estancia en esta sala de los miembros del hogar, las luces y lámparas permanecen encendidas.
- Cocina. Los electrodomésticos de la cocina son utilizados de manera intensiva, con algunos de ellos funcionando continuamente sin ser desenchufados, ya que sino su uso no tiene sentido, como es el caso del frigorífico y el congelador. Luego cuenta con algunos que se emplean de forma diaria, por lo menos dos o tres veces en el día, que corresponden con los horarios del desayuno, la comida y la cena; como es el caso del horno, del microondas, de tostador o la Thermomix. Luego cuenta con otro tipo de electrodomésticos como la lavadora y el lavavajillas, que, al ser seis miembros en el hogar, tienen que usarlos por lo menos una vez al día. Al final los horarios más empleados por los residentes son en las zonas horarias de mayor demanda, y por consiguiente mayor coste.
- Dormitorios. Los habitantes de cada dormitorio usan los aparatos sobre todo en horario tarde-noche, ya que es la hora que están en su habitación antes de irse a dormir; por ejemplo, el uso de las lámparas de noche o el enchufe para cargar el móvil.

- Baños. Los baños se usan en cualquier momento del día por todos los miembros del hogar.

3.3.1 DISCRIMINACIÓN HORARIA

Se diferencian tres franjas horarias para la luz, con un precio del kw/h distinto en cada una de ellas(19). Este precio se ha regulado a lo largo de los años y va variando. Las tres franjas horarias que existen son las siguientes:

- Punta. Comprende dos horarios, de las 10.00 a las 14.00 y de las 18.00 a las 22.00 (de lunes a viernes). Son las horas que tienen un coste de la luz más elevado.
- Llanas. Comprende tres horarios, de las 8.00 a las 10.00, de las 14.00 a las 18.00 y de las 22.00 a las 24.00 (de lunes a viernes, lectivos). Este coste de luz durante estas horas es mucho más moderado.
- Valle. Este último rango horario comprende de las 24.00 a las 8.00 durante todos los días de la semana. Estas horas tienen un coste de luz mucho más económico, ya que son horas de menos uso para los seres humanos.

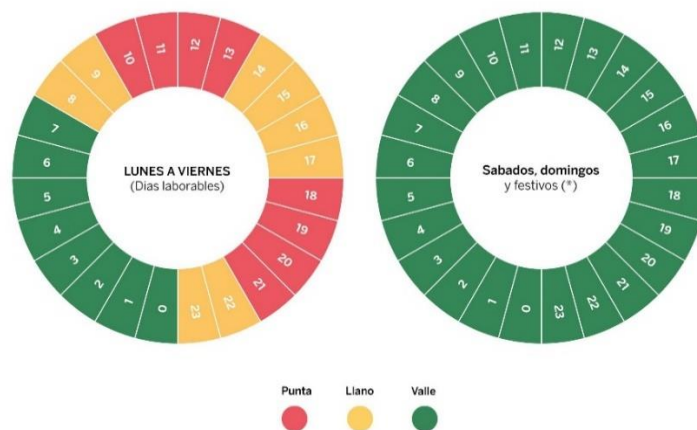


Ilustración 13 - Franjas horarias de luz y coste proporcionada por BBVA

Como se ha explicado anteriormente, el mejor horario para ahorrar en luz es el que corresponde a las horas “Valle”. Obviamente, lo que conviene evitar es el consumo de energía en las horas “punta” ya que estas son las más caras.

Capítulo 4. SOLUCIONES DOMÓTICAS PARA LA OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA

4.1 JUSTIFICACIÓN

Después de analizar detenidamente como es el hogar que vamos a centrar el estudio, viendo las habitaciones que tienen y lo que consume cada uno de los electrodomésticos que hay en ellas, se ha empezado a buscar soluciones domóticas para más tarde llevar a cabo el diseño del sistema domótico que se aplicará y con el que se obtendrán distintos beneficios antes mencionados.

Para empezar con el diseño de los sensores que se van a implantar en el hogar, se ha conseguido información de la empresa Alfred Smart. Esta empresa tiene como objetivo crear tecnología que facilita la vida de las personas. Reinventa los espacios tal y como están, pero aplicándoles Inteligencia Artificial, y convertirlos en lugares que mejoren el bienestar de las personas y también la salud del planeta. Por lo tanto, los sensores y servicios que se van a describir a continuación forman parte de esta empresa que crea un ambiente cómodo, seguro y eficiente. Se van a buscar soluciones, principalmente, en el control de climatización y de la iluminación del hogar.

Llevar a cabo el control mediante domótica permite una gestión eficiente de los sistemas de calefacción y aire acondicionado, al igual que controlar la presencia de los miembros del hogar para apagar o encender las luces, reduciendo el consumo energético y mejorando el confort. Los sistemas domóticos que se utilizan cuentan con algoritmos inteligentes que reconocen las situaciones más adecuadas en tu espacio para aplicar las políticas de ahorro energético necesarias. Para llevar todo esto a cabo, se establecen sensores en la vivienda que detectan presencia y movimientos, y sabe cuándo tu hogar se queda vacío. Evita el derroche de energía con funciones automatizadas que apagan

automáticamente luces, aires acondicionados y calefacciones que hayan quedado encendidos. Gestiona fácilmente todo lo mencionado anteriormente, ya que los sensores detectan la presencia de movimientos y variaciones en el clima, y el sistema realiza acciones automáticas para apagar los dispositivos encendido.

4.1.1 SENSORES

Para conseguir todas las ventajas mencionadas en este trabajo, es necesario aplicar distintos sensores que hacen posible que se pueda mejorar la eficiencia energética del hogar estudiado(20). Los sensores son Z-Wave, los cuales se basan en una topología de red de malla en un repetidor de señal, es decir, que cuantos más dispositivos tenga en su casa, más fuerte será tu red. Las ventajas de los Z-Wave, comparado con el Wifi o el bluetooth, es la interoperabilidad, sin interferencias, y que a mayor dispositivos-mejor funcionamiento. Los sensores que se van a mencionar a continuación son de este tipo de sensores.

Primero, vamos a analizar los sensores que se necesitan para las alarmas técnicas, es decir, para avisar de la presencia de una persona en el hogar o incluso si una ventana está abierta o cerrada, para así regular la climatización del lugar. Si están las ventanas o la puerta abiertas, el sistema de climatización se pone en modo eco; por el contrario, si estuvieran cerradas se pone a la temperatura que el consumidor desee. Y, además, controlando la presencia de las personas podemos apagar o encender las luces.

- Sensor de movimiento y presencia: permite detectar la presencia, el movimiento y los cambios de temperatura en un espacio. La conexión que tiene es cableada o inalámbrica y con una rápida instalación en el techo. Este elemento, para su correcto funcionamiento, debe estar conectado y programado correctamente a algún Gateway.



Ilustración 14 - Sensor de movimiento

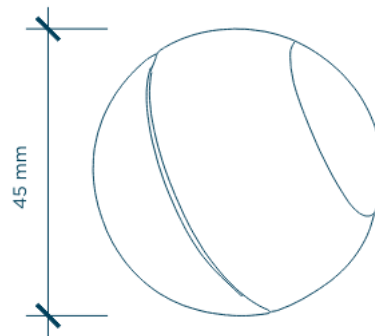


Ilustración 15 - Dimensiones del sensor de movimiento

Descripción	Detector de movimiento
Protocolos	Z-Wave
Fuente de alimentación	CR123A x 1
Corriente de espera	16uA
Temperatura de funcionamiento	0°C - 40°C
Temperatura de almacenamiento	0°C - 60°C
Ángulo de visión	90º
Rango de detección	7 metros
Distancia de transmisión	30m interior / 50m exterior
Rango de frecuencia	868.40MHz, 869.85MHz

Ilustración 16 - Especificaciones técnicas del Sensor de Movimiento

- Sensor ventana y sensor puerta: se emplean para saber si la puerta o la ventana está abierta o cerrada. En el caso de que se abran, llegará una notificación a la aplicación asociada a los sensores, donde están registrados y tiene todo el control domótico del hogar. Ayuda también para la seguridad de la casa, ya que notifica de quien ha sido el que ha abierto la puerta en caso de estar registrado con la aplicación. Para el tema de la climatización, este sensor está programado para ayudar a que no se desperdicie eficiencia energética. Para su correcto funcionamiento, se debe tener en cuenta el material de la puerta. El montaje del sensor ventana o puerta se coloca como se muestra en la Ilustración 13.



Ilustración 17 - Contacto de puerta y ventana

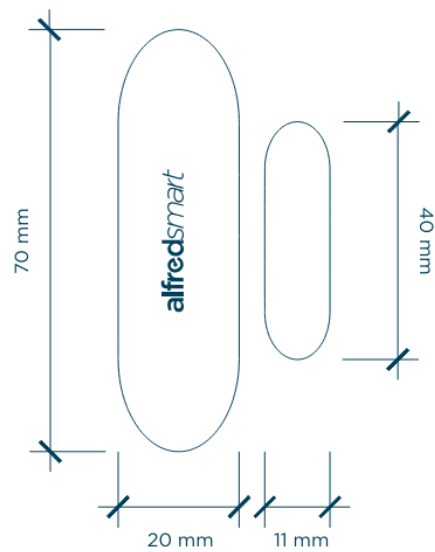


Ilustración 18 - Dimensiones del contacto de puerta y ventana

Descripción	Contacto de puerta/ventana
Protocolos	Z-Wave
Fuente de alimentación	CR2-3V x 1
Corriente de espera	1uA
Temperatura de funcionamiento	0°C - 40°C
Temperatura de almacenamiento	0°C - 60°C
Humedad	20% a 85% RH
Distancia de transmisión	30m interior / 50m exterior
Rango de frecuencia	868.40MHz, 869.85MHz

Ilustración 19 - Especificaciones técnicas del contacto de puerta y ventana

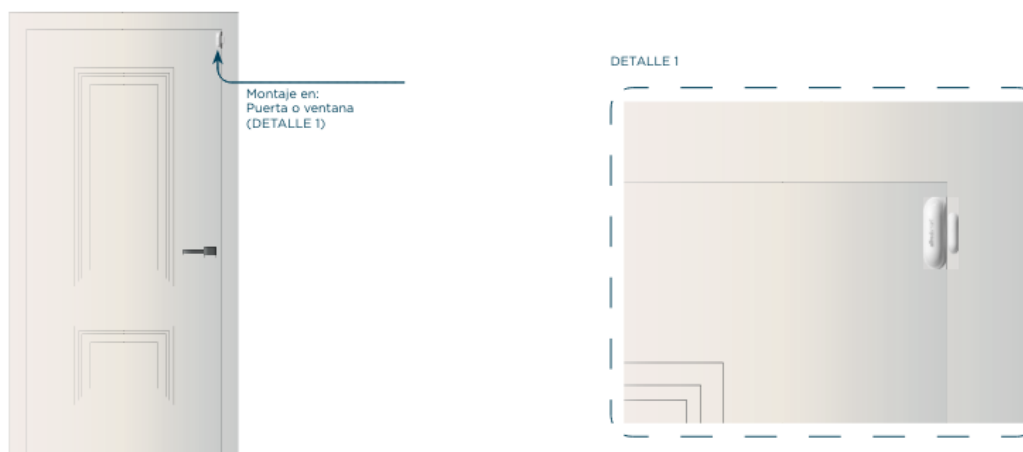


Ilustración 20 - Montaje del sensor puerta y ventana

- Contacto de puerta oculto: Tiene la misma función que el anterior, solo que al estar oculto no perjudica la estética del hogar. Por lo tanto, detecta si la puerta está cerrada o se ha abierto y envía un aviso. Se instala dentro de la puerta a través de la carpintería y queda completamente oculto (a diferencia del anterior). Para su correcto funcionamiento es imprescindible tener correctamente instalado y programado el Gateway al que irá conectado.



Ilustración 21 - Contacto de puerta oculto

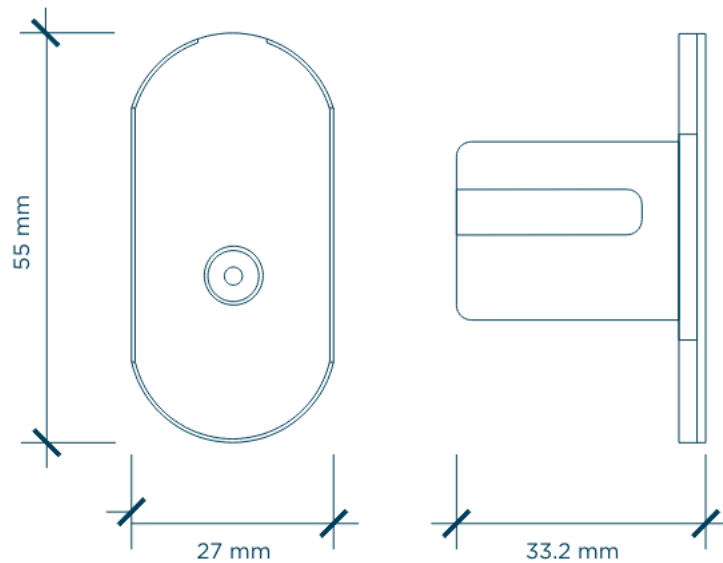


Ilustración 22 - Dimensiones contacto puerta oculto

Descripción	Contacto de puerta oculto
Protocolos	Z-Wave
Fuente de alimentación	FR14250 x 1
Corriente de espera	12uA
Corriente operativa	34mA
Temperatura de funcionamiento	-10°C - 40°C
Humedad	85% RH
Distancia de transmisión	30m interior / 50m exterior
Rango de frecuencia	868.40MHz, 869.85MHz

Ilustración 23 - Especificaciones técnicas del contacto de puerta oculto

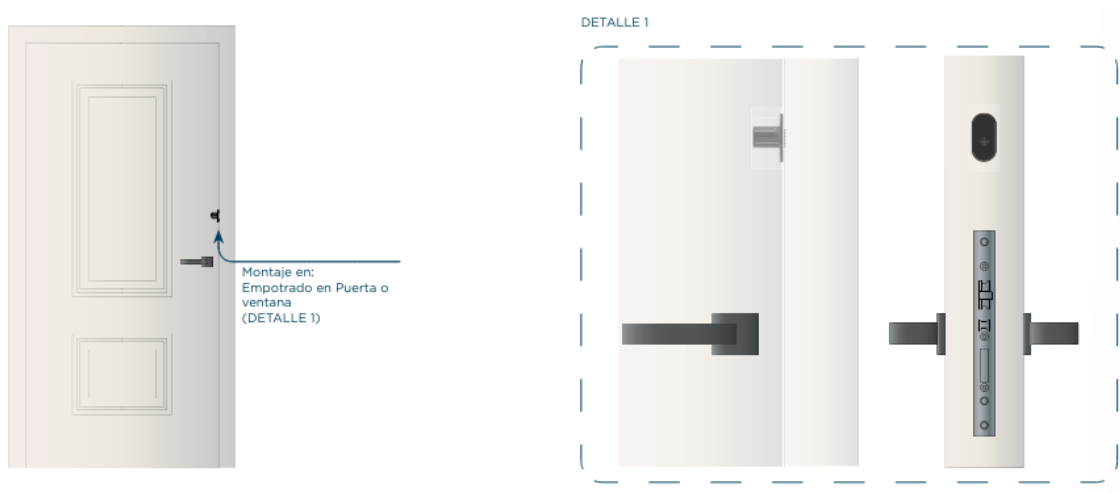


Ilustración 24 - Montaje del contacto puerta oculto

Una vez analizados todos los sensores de alarmas, vamos a estudiar los necesarios para que

- Pasarela clima Z-Wave: Se ubica pone en las máquinas de aire acondicionado para que se pueda controlar desde la aplicación del móvil para, por ejemplo, cuando un residente del hogar esté a punto de llegar a casa mande la notificación y así se

pueda ir poniendo la casa a la temperatura que desea el consumidor. Este se instala en los equipos de climatización, en su interior quedando completamente ocultos. Es compatible con sistemas de sistemas de Split, expansión directa y aerotermias, permite monitorear y controlar el aire acondicionado en remoto, estableciendo la temperatura, el modo y la velocidad del aire acondicionado o la calefacción.



Ilustración 25 - Pasarela clima Z-Wave

(PT) CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Conexión con unidad interior / Connection to indoor unit Conexão ao equipamento	
V max.	18 Vdc
I max.	137.5 mA
V in	12-16 Vdc
Consumo / Consumption / Consumo	310 mW
Tipo de cable / Type of cable / Tipo de cabo	Conector Daikin Daikin connector Conector Daikin
Longitud del cable / Wire length Comprimento do cabo	2.5 m (8.2 ft)

Ilustración 26 - Especificaciones técnicas de la pasarela clima Z-Wave

- Aplicación: Esta aplicación permite controlar y monitorizar en tiempo real desde cualquier smartphone. Lo que controla son los consumos de calefacción, refrigeración y ACS, la iluminación, las persianas, las alarmas técnicas, accesos o la calefacción y AACC. Los usuarios de la vivienda tendrían que registrarse para tener el control de cada uno de ellos. Está disponible tanto en IOS como en Android y está diseñada con la premisa de ofrecer una experiencia de usuario sencilla, para que sea fácil de usar por la gente que la tiene instalada. La seguridad es una prioridad absoluta, por lo que garantiza un control remoto seguro de todas las funcionalidades que se permiten controlar por medio de la aplicación. Las ventajas que ofrece la aplicación son las siguientes(21):
 1. Comodidad: eliminar preocupaciones al usuario, ya que con solo entrar en la aplicación y con un simple toque de dedos puede apagar o encender un aparato dentro de su hogar.
 2. Mayor seguridad: se mantiene el hogar seguro incluso cuando se está lejos, ya que se reciben notificaciones y alertas instantáneas en caso de alguna actividad sospechosa o inesperada.
 3. Ahorro de energía: se controla el consumo de energía en el hogar de manera eficiente, llegando a reducir las facturas de energía y minimizar la huella ambiental que genera el consumo de energía en el planeta.
 4. Personalización: con esta aplicación se puede personalizar las rutinas y preferencias que tiene el usuario, ya que se trata de un hogar inteligente que aprende de sus costumbres. Por ejemplo, se puede crear un “modo noche” cuando llega la hora de dormir para establecer la temperatura que se desea.
 5. Acceso multidispositivo: se puede controlar la casa desde cualquier dispositivo móvil o tableta, y que estén todos los usuarios del hogar registrados y que se pueda ver los controles de cada uno reflejados en la aplicación para el resto.



Ilustración 27 - Alfred Smart App

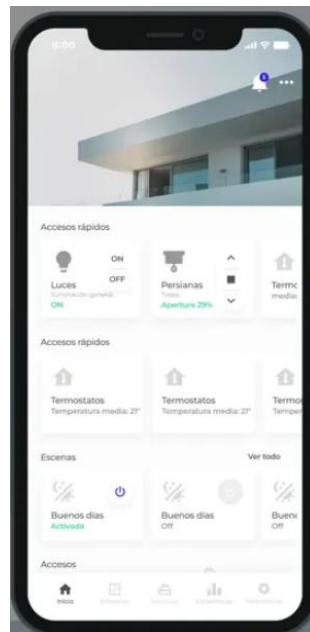


Ilustración 28 - Control desde la aplicación Alfred Smart

- Gateway: Este aparato es el cerebro al que van todas las soluciones que se implantan en el hogar, como es el caso de la climatización. Además, está vinculado a la aplicación por medio de un QR, a la aplicación que tienen los usuarios en su dispositivo móvil. Este Gateway conecta todos los sensores y dispositivos inteligentes instalados en el espacio para su monitorización desde la App. Utiliza comunicación Z-Wave y puede conectarse por Ethernet y Wifi.



Ilustración 29 - Alfred Smart Gateway

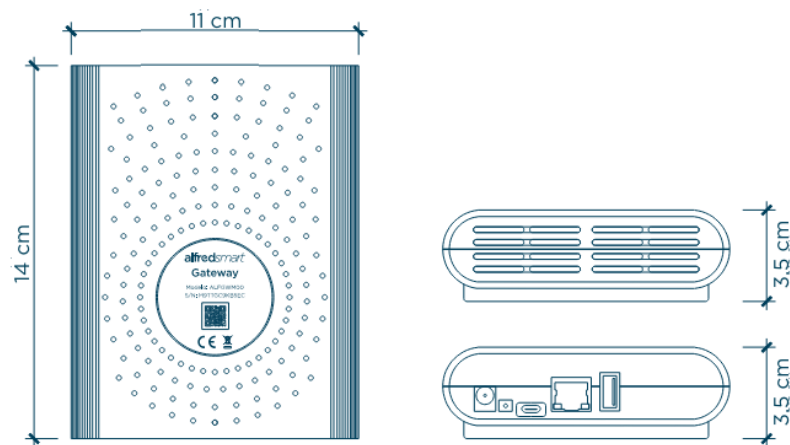


Ilustración 30 - Dimensiones del Gateway

Descripción	Unidad de Control y Gestión de Automatización
Salidas y Entradas	Ethernet, USBx1
Fuente de alimentación y Consumo de energía	uUSB, Jack - 5-40 VDC 2,4W (promedio)
Protocolos	Z-Wave TCP/IP WiFi
Temperatura de funcionamiento	0°C to 70°
Clasificación de protección	IP20 (en entorno instalado)
Modo de acción	Typ 1 (EN60730-1)
Temperatura de almacenamiento	-40°C to 85°C
Humedad	95% r.H (no condensa)

Ilustración 31 - Especificaciones técnicas del Gateway

Capítulo 5. ANÁLISIS FINANCIERO DEL SISTEMA

DOMÓTICO

5.1 COSTES DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA DOMÓTICO

Todos estos sensores y servicios son necesarios en caso de querer monitorizar la climatización del hogar. Sin embargo, esto supone un coste inicial que hay que tener en cuenta y ver más tarde en cuanto amortizaríamos esa cantidad y si compensa con el consumo que genera el lugar que estamos estudiando. En la siguiente tabla se muestra la cantidad de unidades que necesitaríamos de cada uno de los aparatos descritos anteriormente, según el número de salas que requieran su uso.

Tabla 5 - Precio de los elementos del sistema domótico

Concepto	Unidades	Precio
Sensor de movimiento	4	404.00€
Contacto de puerta y ventana	4	150.00€
Contacto de puerta oculto	1	106.00€
Pasarela clima Z-Wave	5	1,075.00€
App Alfred Smart	6	0.00€
Gateway	1	274.00€

Además de todos los gastos debidos a los elementos necesarios para tener todo funcionando, hay un coste adicional asociado al montaje y la instalación, que supone 1,040.00€.

Por lo tanto, el precio total del inicio de todo el montaje sería el siguiente:

Tabla 6 - Precio total al aplicar el sistema domótico

Base imponible	3,049.00€
IVA 21%	640.29€
TOTAL	3,689.29€

5.2 CÁLCULO DEL AHORRO ANUAL

Después de tener el consumo inicial que supone instalar la domótica en el hogar, y juntándolo con el coste que se tiene del consumo energético en el ámbito que estamos estudiando; vamos a realizar un análisis de costos y retorno de la inversión. En esta sección se presentan diferentes escenarios de optimización del coste de energía tras la instalación de la domótica. Se sabe que en los hogares anteriores donde se han instalado estos servicios, el ahorro a supuesto un 20% de la factura de la energía. Sin embargo, al querer establecer este tipo de tecnología en diferentes lugares, se ha realizado este estudio según distintos parámetros de optimización. Vamos a definir los parámetros y supuestos básicos para realizar el estudio.

Parámetros básicos

- Costo de la Instalación de la Domótica: 3,689.29€
- Costo Anual de Energía antes de la instalación (CAEA): 1,602.5€
- Porcentajes de optimización: 20% (escenario estándar), 17% (peor escenario), 23% (mejor escenario)

No todos los hogares utilizan la misma cantidad de energía, por lo tanto, se van a estudiar estos tres casos para tener una visión más global del estudio de la domótica en los hogares.

Cálculo del ahorro anual

Para cada porcentaje de optimización, calculamos el ahorro anual y luego el tiempo de retorno de la inversión (ROI) de la instalación. También vamos a ver el ahorro acumulado en diferentes periodos de años, en concreto analizaremos en 5, 10 y 15 años.

- Ahorro anual (AA): $AA = CAEA \times \text{Porcentaje de Optimización}$
- Retorno de Inversión (ROI): $ROI = \frac{\text{Costo de Instalación}}{AA}$
- Ahorro acumulado en N años (AA_N): $AA_N = AA \times N$

1. Escenario del 20% de optimización

- Ahorro anual: 320.5€
- Retorno de Inversión (ROI): 11.5 años
- Ahorro acumulado en 5 años: 1,602.5€
- Ahorro acumulado en 10 años: 3205€
- Ahorro acumulado en 15 años: 4,807,5€

2. Escenario del 17% de optimización

- Ahorro anual: 272.43€
- Retorno de Inversión (ROI): 13.5 años
- Ahorro acumulado en 5 años: 1,362.15€
- Ahorro acumulado en 10 años: 2,724.3€
- Ahorro acumulado en 15 años: 4,086.45€

3. Escenario del 23% de optimización

- Ahorro anual: 400.63€

- Retorno de Inversión (ROI): 9,2 años
- Ahorro acumulado en 5 años: 2,003.15€
- Ahorro acumulado en 10 años: 4,006.3€
- Ahorro acumulado en 15 años: 6,009.45€

5.3 CÁLCULO DEL VPN Y EL TIR

El Valor Presente Neto (VPN) es una medida de la rentabilidad financiera de una inversión a lo largo del tiempo. Se calcula sumando los flujos de caja futuros descontados al valor presente y restando el costo inicial de la inversión. La Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa de descuento que hace que el VPN de una inversión sea igual a cero, es decir, es la tasa de rendimiento anualizada esperada de una inversión. Es importante el estudio del VPN y la TIR ya que permite evaluar la rentabilidad de la inversión en domótica. Al calcular el VPN, podemos determinar si los ahorros generados por la optimización energética superan el costo de la instalación a lo largo del tiempo. La TIR es importante ya que compara esta inversión con otras posibles alternativas.

Si el VPN es positivo y la TIR supera la tasa de descuento, se puede concluir que la inversión es financieramente viable, y ayuda a justificar el gasto inicial en la instalación domótica. Ayuda a comparar entre diferentes opciones de inversión, por ejemplo, en el contexto de la optimización de la energía en el hogar, se pueden comparar diferentes tecnologías o método de ahorro energético, como es el caso de los sistemas de climatización, o la iluminación inteligente, para seleccionar la opción más rentable y eficiente. El cálculo de estos elementos permite al usuario planificar sus finanzas a largo plazo. Estas dos medidas proporcionan una evaluación exhaustiva y cuantitativa de la viabilidad económica de la inversión en domótica.

Fórmulas:

- Valor Presente Neto (VPN):
$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{\text{Ahorro Anual (AA)}}{(1+r)^t} - \text{Costo de Instalación}$$

(Donde t es el año y n es la vida útil de la instalación)

- Tasa Interna de Retorno (TIR): $\sum_{t=1}^n \frac{\text{Ahorro Anual (AA)}}{(1+TIR)^t} = \text{Costo de Instalación}$

Vamos a realizar estos cálculos para tres escenarios distintos, como hemos visto anteriormente de los porcentajes de optimización (17%, 20% y 25%). Para realizar los cálculos, tenemos que establecer un porcentaje de tasa de descuento y una vida útil de la instalación.

Parámetros básicos:

- Costo de la instalación de la domótica: 3,689.29€
- Costo Anual de Energía antes de la instalación (CAEA): 1,602.5€
- Porcentajes de optimización: 20% (escenario estándar), 17% (peor escenario), 23% (mejor escenario)
- Tasa de descuento (r): 5%
- Vida útil de la instalación: 20 años

Los ahorros anuales han sido calculados en el apartado anterior, por lo que se van a usar esos valores para los siguientes cálculos.

1. Escenario del 20% de optimización

- Ahorro anual: 320.5€
- VPN: 304.848€
- TIR: 5,95%

2. Escenario del 17% de optimización

- Ahorro anual: 272.425€
- VPN: -294.27€
- TIR: 4,04%

3. Escenario del 23% de optimización

- Ahorro anual: 400.625€
- VPN: 1303.38€

- TIR: 8,87%

5.3.1 CÁLCULOS PRECISOS MEDIANTE PYTHON

Para calcular los resultados de una manera más precisa, y proporcionar el resultado que se muestra arriba, se ha programado los cálculos en Python para obtener un resultado más concreto. El código de Python implementado para calcular los valores del ahorro anual, la TIR y el VPN se encuentra en el Anexo II.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos mediante ese código que representan los valores precisos que se han obtenido con cada caso de optimización.

```
{1602.5: {0.17: {'Ahorro Anual': 272.425,  
  'VPN': -294.27234743354575,  
  'TIR': 0.04039925059300953},  
0.2: {'Ahorro Anual': 320.5,  
  'VPN': 304.84841478406406,  
  'TIR': 0.05955955783158062},  
0.23: {'Ahorro Anual': 400.625,  
  'VPN': 1303.383018480079,  
  'TIR': 0.08877437763489304}}}
```

Capítulo 6. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Después de hacer un análisis financiero del consumo energético y el coste de la instalación del sistema domótico estudiado. Dividimos esta sección en tres subapartados, ya que tenemos tres casos de optimización para el mismo coste anual de energía y de instalación de domótica. El primer escenario es el escenario estándar, con un 20% de optimización, que es lo que se espera conseguir aplicando este modelo domótico. Sin embargo, puede que ser que haya hogares que no consigan ese objetivo y se queden por debajo (17% de optimización), o, por el contrario, consigan mejoraría respecto a lo establecido (23% de optimización). Vamos a interpretar los resultados obtenidos en este proyecto y ver como los valores que hemos conseguido dan una razón para implementar el sistema domótico o rechazan esta solución para la reducción de consumo energético. Empezamos a analizar el escenario estándar:

1. Escenario del 20% de optimización

- Ahorro Anual: 320.5€
- Valor Presente Neto (VPN): 304.848€
- Tasa Interna de Retorno (TIR): 5.95%

En este escenario, se asume que el sistema domótico optimiza el consumo energético en un 20%. El ahorro anual de 320.5€ resulta en un VPN positivo de 304.848€, lo que indica que la inversión es rentable. La TIR de 5.95% es ligeramente mayor a la tasa de descuento que se ha asumido en este estudio, lo que da a entender que la inversión es viable a largo plazo. Ese escenario es la versión estándar de lo que se considera ahorrar al aplicar este sistema domótico, y como se aprecia en estos resultados es el resultado correcto. Por lo tanto, en este caso se tendrán beneficios económicos y la idea de aplicar estas tecnologías en el hogar es óptima.

2. Escenario del 17% de optimización

- Ahorro Anual: 272.425€

- Valor Presente Neto (VPN): -294.27€
- Tasa Interna de Retorno (TIR): 4.04%

Este es el peor escenario de todos, ya que el porcentaje de optimización del consumo energético es el menor. El ahorro anual de 272.425€ no es suficiente para recuperar el costo de la inversión, resultando en un VPN negativo de -294.27€. Al tener un valor negativo de valor presente neto también se indica que, la inversión inicial de la instalación del sistema domótico, no se recupera en la vida útil establecida para el sistema. La TIR de 4.04% está por debajo de la tasa de descuento, lo que indica que la inversión no es rentable bajo estas condiciones. Es importante que, al aplicar el sistema domótico, los resultados que se obtengan no tengan un porcentaje de optimización menor a 20%, ya que sino no se podrá asegurar la viabilidad económica de la inversión.

3. Escenario del 23% de optimización

- Ahorro Anual: 400.625€
- Valor Presente Neto (VPN): 1303.38€
- Tasa Interna de Retorno (TIR): 8.87%

Este caso, es el mejor escenario que nos podemos encontrar, de los recientes estudiados; ya que tiene el mayor valor de optimización de consumo de la energía. El ahorro anual que obtenemos si conseguimos esta optimización es de 400.625€, lo que genera un VPN positivo y bastante elevado de 1303.38€, indicando una inversión altamente rentable. La TIR de 8.87% es bastante más elevada que la tasa de descuento que hemos seleccionado al principio, lo que indica una inversión muy atractiva. En este escenario, se puede ver que las tecnologías domóticas que se aplican en el hogar tienen un gran beneficio económico a largo plazo, aunque al inicio haya un coste elevado, y que al conseguir una mayor optimización resulta en mayores retornos de la inversión.

Para recoger mejor la información de los tres escenarios, vamos a analizarlo dependiendo de la medida financiera, es decir comparando los tres escenarios según el

retorno de la inversión (ROI), según el valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR).

Para empezar, los tres escenarios tienen un ahorro anual que varía según el porcentaje de optimización que fijemos, ya que cuanto mayor sea ese porcentaje, mayor será el ahorro conseguido; esto se debe a que se conseguirá mayor eficiencia energética y se pagará menos cada mes en la factura de la energía. Sin embargo, al ser los ahorros diferentes cada año el retorno de la inversión varía según ese ahorro anual (el ROI depende del coste de la instalación, que es fijo en todos los casos, y del ahorro anual que se consiga). Cuanto mayor sea el ahorro anual, menor será el retorno de la inversión, es decir, tardará menos años en recuperarse la inversión inicial y conseguir beneficios debidos a la instalación del sistema domótico. Es decir, en el caso de tener un 23% de optimización, el número de años de recuperación es solamente de 9.2 años, mientras que, en el peor de los escenarios, este valor de los años es mayor, llegando hasta 13.5 años.

Continuando con las medidas financieras, analizamos el estudio según el valor presente neto (VPN). Se pueden considerar dos situaciones: cuando el valor es positivo y cuando el valor es negativo. En el caso de ser positivo se indica que la inversión es rentable a lo largo de la vida útil. En este caso consideramos el escenario del 23% y del 20%, donde los valores en ambos casos son positivos. Y, el valor negativo del VPN indica que la inversión que se va a realizar no es rentable. Cuanto mayor sea el valor negativo, peor será la inversión. Este es el caso solamente del escenario con un 17% de optimización.

Y, por último, la última medida que hemos empleado para realizar el análisis del lugar estudiado es la tasa interna de retorno (TIR) que se trata de un porcentaje. Este porcentaje tiene que ser mayor que la tasa de descuento establecida del 5%. En caso de ser mayor se sabrá que se trata de un proyecto viable económicamente, mientras que al ser menor que el 5%, no se puede decir que el proyecto será beneficioso

económicamente. Como en el resto de los casos, el 17% de optimización tiene un valor inferior a la tasa de descuento, por lo que este escenario no es el que se considera tener en el caso de establecer un sistema domótico en el hogar, ya que no se conseguiría ninguna ventaja económica.

Por todos estos aspectos, se ha interpretado que es rentable establecer un sistema domótico en el hogar, ya que se asegura que se ahorrará el 20% de la energía. Aún así es importante ser consciente que hay que realizar análisis cada año después de la instalación para ver si se está cumpliendo con los objetivos que se establecieron.

Capítulo 7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Para acabar el Trabajo de Fin de Grado, se van a exponer las conclusiones a las que se ha llegado haciendo todo el estudio del sistema domótico del hogar. Además, esta sección destaca los objetivos claros y las aportaciones que se han hecho. También se quiere hablar sobre posibles trabajos que se puedan implementar en el futuro y que puedan ayudar al sistema domótico en el hogar, y por lo tanto al consumo innecesario de energía y eficiencia energética, para así reducir la factura de energía.

El hogar que se ha estudiado a lo largo de este proyecto ha sido una vivienda de seis miembros, ubicada en el centro de Madrid (zona Chamberí), que forma parte de una comunidad de vecinos. Esta vivienda tiene múltiples consumos energéticos debido a todos los servicios con los que cuentan los miembros del hogar, como es el caso de los electrodomésticos, la calefacción, la iluminación, el aire acondicionado...

Actualmente, se promueve buscar prácticas sostenibles y que sean eficientes en cuanto al uso de la energía, ya que cada vez afecta más al planeta. Uno de los principales objetivos que tiene este proyecto es contribuir con la sostenibilidad del planeta y, por medio del descubrimiento de las nuevas tecnologías, las cuales están continuamente en evolución, conseguir mejorar el consumo energético y las emisiones de carbono que afecta a la salud del planeta.

El sistema domótico que se ha implementado cuenta con distintos sensores y servicios de inteligencia artificial. En este proyecto se han descrito y explicado detalladamente el funcionamiento de los sensores que son necesarios implementar para que sea eficiente el control de la energía en todo el hogar. Se han incluido sensores para el control de la climatización, la detección de personas por las distintas áreas del lugar estudio para así poder monitorizar el tema de la iluminación, o incluso sensores que controlar la apertura y el cierre de las puertas y ventanas. Esto permite tener un control absoluto de lo que ocurre en el hogar, y poder así programar los componentes del hogar

según los gustos del consumidor, por ejemplo, si un miembro del hogar está llegando a casa, puede establecer desde la aplicación, a la que están conectados todos los sensores mediante un Gateway central, la temperatura a la que quiere que este la casa cuando llegue. No solamente es posible programar la climatización, sino el apagado de luces cuando se ha ido uno de los miembros sin apagar todas. Todo esto hace posible que se mejore la eficiencia energética, ya que solamente se enciende y programa la calefacción cuando de verdad se necesita.

Una vez se sabe la cantidad de sensores necesarios y el precio que tiene cada uno de ellos, incluyendo también todo lo relacionado con la instalación y la programación de todos ellos, lo que supone también un coste, se lleva a cabo una evaluación financiera para ver y evaluar la rentabilidad de la instalación y ver si el proyecto es viable reduciendo el gasto de energía en el lugar estudiado.

Para hacer este análisis se ha considerado tres escenarios principales y posibles: el 20% de la optimización (representa el escenario estándar y que se debería cumplir al establecer el sistema domótico en el hogar consiguiendo la eficiencia energética), el 17% de optimización (este es el escenario malo que uno puede tener al implantar los sensores, ya que a lo mejor el consumo es tan elevado que no consigue reducir la cantidad de energía emitida) y, por último, el 23% de optimización (se da en el caso de tener una mejora significativamente mejor que la establecida, ya que se han empleado bien los servicios y se ha conseguido esa eficiencia energética que se buscaba al principio). Estos tres escenarios se pueden dar en cualquier hogar, ya que todos los hogares no realizan las actividades de forma perfecta y no consiguen el estándar, por lo tanto, es importante evaluar distintos casos que muestren que uno se puede encontrar en distintas situaciones con la implantación de sistemas domóticos.

Para este análisis, se ha calculado el importe inicial total, mencionado anteriormente, debido a la instalación. Este importe supone un total de 3,689.29€ (incluyendo sensores, Gateway, aplicación y montaje e instalación) frente al importe de costo anual de energía utilizada en el hogar que llega a los 1,602.5€. En este coste hemos

incluido toda la energía consumida perteneciente a la electricidad y la luz, y toda la energía que supone el agua. Para ver si la idea del proyecto relativa a la instalación es viable, se han realizado una serie de cálculos que son importantes identificar para ver la rentabilidad de la inversión que se va a realizar en un hogar, ya que no todo el mundo accede tan rápido a gastar la cantidad inicial que supone un sistema domótico, sin conocer antes los resultados. Para ello, se ha calculado el ahorro anual, el ROI (que establece la cantidad de años necesarios para recuperar la inversión inicial a través de los ahorros generados durante esos años), el valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR) para cada uno de los escenarios explicados anteriormente y ver la rentabilidad a largo plazo en cada caso.

Se ha visto, a lo largo de este trabajo, que hay algún caso que no sería tan rentable la implementación de este sistema domótico, pero en otros casos tenemos una recuperación de la inversión y un ahorro considerable. Por lo tanto, se ha conseguido demostrar que la implementación del sistema domótico puede llevar a una significativa optimización del consumo energético generado anteriormente, y que, además, proporciona ahorros significativos en los costes anuales de energía.

Aun así, al querer implementar este proyecto en más escenarios, sería importante conocer cual es el consumo anual que hay, la cantidad de dinero, relacionado a la implantación de sensores, que es necesaria en cada caso y ver como con cada uno de los escenarios se ahorraría o se perdería dinero. En este caso, con el 20% de la optimización y con el 23%, se conseguirían ahorros significativos.

Al ver los resultados conseguidos con este proyecto, se ha visto que la implantación de sistemas domóticos en el hogar es un buen punto de partida para empezar a conseguir reducir el consumo y así lograr la eficiencia energética que es necesaria implantar en todos los hogares. Con una simple contribución de todos los seres humanos en querer implementar este proyecto en sus hogares, podremos reducir la huella de consumo energético que hay en el planeta. El modelo y diseño de sistema domótico que se ha establecido puede ser aplicado en otros hogares o lugares que quieran reducir el consumo

energético o aumentar su ahorro en energía. Por lo tanto, se ha elegido un diseño que se puede implementar en sitios que cuenten con climatización que se quiera regular, o distintas habitaciones que quieran controlar la presencia de personas que pasan por ahí.

El análisis financiero que se ha empleado es un método sencillo que puede ser utilizado por futuros investigadores de este sector que quieran seguir progresando y ver otros casos de optimización. Se han estudiado esos tres casos, pero en realidad se podría haber elegido otros valores más elevados o, por el contrario, menores.

Respecto a los trabajos futuros que se quieren realizar, para poder mejorar este proyecto en un futuro y poder seguir consiguiendo mayor eficiencia energética; se necesita, como se ha mencionado anteriormente, ampliar el estudio a diferentes tipos de viviendas y ver si este estudio sirve en viviendas de diferentes tamaños. Otro de los futuros trabajos que se ha pensado que se podría realizar es ver cómo estos sistemas domóticos se pueden ser implementados con las energías renovables como los paneles solares o sistemas de almacenamiento de energía. También, es importante realizar un seguimiento a largo plazo de cómo evoluciona el sistema domótico en el hogar y ver si se cumple con todos los objetivos establecidos y las predicciones financieras que se han realizado para ver si habría que modificar algo de lo establecido antes. Y,° por último, se considera que el comportamiento del usuario es esencial para ver si el sistema domótico es una buena inversión, debido a que tiene que ajustarse a sus rutinas y convivencias en el hogar. Por esa razón, se considera importante que el usuario esté satisfecho a largo plazo con los resultados obtenidos y la experiencia vivida. Todas estas propuestas contribuirán a un análisis más completo y global más adelante.

Las tecnologías están en continua evolución actualmente. Por eso mismo, cada vez existirán nuevos modelos domóticos en el hogar que se podrán implementar y reducir significativamente aún más el consumo energético y mejorando la eficiencia. Los algoritmos de inteligencia artificial, los sensores y la conexión que existe entre ellos, llamado el Internet de las cosas, cada vez es son más inteligentes y se adaptan a multitud de necesidades de los usuarios, conociendo cada una de sus rutinas y actividades diarias.

Se adaptan a nosotros y son posibles de personalizar, ya que la Inteligencia Artificial es capaz de aprender de nosotros. Estos modelos aplicados en el hogar son cada vez más fáciles de emplear y así se adaptan a un público más amplio de personas mayores que no tienen tanto conocimiento con el mundo tecnológico.

Capítulo 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Endesa. La energía. 2024; Disponible en: <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/que-es-la-energia>
2. tualarmaSINcuotas.es. Domótica claves para ahorrar energía en el hogar. 2024; Disponible en: <https://www.tualarmasinquotas.es/blog/ahorro-energetico-domotica/>
3. Endesa. La domótica y el ahorro de energía. 2021; Disponible en: <https://www.endesa.com/es/blog/blog-de-endesa/consejos-de-ahorro/domotica-ahorro-energia>
4. RemiHome. Paseo por la historia de la domótica. 2022; Disponible en: <https://remihome.es/historia-de-la-domotica/>
5. IDEA. Como ahorrar energía instalando domótica en su vivienda. 2008; Disponible en: https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11187_domotica_en_su_vivienda_08_3d3614fe.pdf
6. Canariasahora. Simplifica tu vida con el hogar inteligente: descubre los beneficios de la IA y la automatización. 2023; Disponible en: https://www.eldiario.es/canariasahora/brands/canarias-analytics/simplifica-vida-hogar-inteligente-descubre-beneficios-ia-automatizacion-1_132_10485193.html#:~:text=La%20IA%20permite%20a%20los,ajusten%20autom%C3%A1ticamente%20seg%C3%BAAn%20nuestras%20necesidades
7. Pentadom. Tipos de sistemas domóticos para viviendas. Disponible en: <https://pentadom.com/sistemas-domoticos-para-viviendas/>
8. Telefónica Tech. Domótica e Inteligencia Artificial: del hogar inteligente a las Smart Cities. 2020; Disponible en: <https://telefonicatech.com/blog/domotica>
9. Domonova. 12 dispositivos para lograr una vivienda domótica. 2022; Disponible en: <https://domonova.com/blog/12-dispositivos-para-lograr-una-vivienda-domotica/>
10. Hugo de la Plaza Cabrera. Proyecto domótico para una vivienda unifamiliar. 2013; Disponible en: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/3641/358731.pdf>
11. Domótica y eficiencia energética. 2021; Disponible en: <https://syltec.es/blog/2021/07/29/domotica-y-eficiencia-energetica/>
12. Relevo. Qué es la economía circular y cómo puedes aplicarla en casa. Disponible en: <https://relevocontigo.com/sostenibilidad/que-es-la-economia-circular-y-como-puedes-aplicarla-en-casa/>
13. Bambbi. El principio de la economía circular: una solución sostenible para el futuro. 2023; Disponible en: <https://bambbi.es/principio-de-la-economia-circular/>

14. Repsol. Todo sobre las fuentes de energía renovables. Disponible en: <https://www.repsol.com/es/conocenos/que-hacemos/desarrollo-energias-renovables/tipos-energia-renovable/index.cshtml>
15. BBVA. ¿Qué tipos de energías renovables existen y qué papel juegan? 2023; Disponible en: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-tipos-de-energias-renovables-existen-y-que-papel-juegan/>
16. Código Técnico de la Edificación (CTE). Ahorro de energía. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/DocumentosCTE/AhorroEnergia.html>
17. Domótica Integrada. Viviendas inteligentes. 2019; Disponible en: <https://domoticaintegrada.com/fuentes-energia-renovable-viviendas-inteligentes/>
18. Domonetio. Normativa para instalación de domótica. 2022; Disponible en: <https://www.domonetio.com/blog/noticias-1/normativa-para-instalacion-de-domotica-3809>
19. BBVA. Horas de ahorro de luz, ¿cuáles son y en cuáles se gasta menos? Disponible en: <https://www.bbva.es/finanzas-vistazo/ef/finanzas-personales/horas-de-ahorro-de-luz.html>
20. Acciona Energía. Sensores de movimiento: ¿Qué son y cómo pueden ayudarte a ahorrar en la factura de la luz? 2023; Disponible en: <https://hogares.acciona-energia.com/sensores-movimiento-que-son/>
21. AlfredSmart. Eficiencia energética. 2024; Disponible en: <https://alfredsmart.com/eficiencia-energetica/>
22. Educo. Qué son los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible y la Agenda 2030. 2019; Disponible en: https://www.educo.org/blog/que-son-los-17-objetivos-de-desarrollo-sostenible?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=educos_brand_dsa&utm_term=kw&utm_content=text&tc_alt=64115&n_o_pst=n_o_pst&n_okw=__c_76410967186&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw4MSzBhC8ARIsAPFOuyXSoCNjmPGrETF1oM2HTw-WyKyAygDivEWly8GOXGnGYiuS9G3Ige0aAqkfEALw_wcB

ANEXO I: ALINEACIÓN DEL PROYECTO CON LOS ODS



Ilustración 32 - Objetivos del desarrollo sostenible

En este apartado del trabajo se va a analizar como el proyecto que se ha descrito, a lo largo de este documento, sobre el sistema domótico en el hogar, centrado en la optimización del consumo energético y la eficiencia energética, centra gran parte de su desarrollo en alinearse con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)(22) establecidos por las Naciones Unidas. El proyecto contribuye de manera significativa a varios de estos objetivos, destacando su impacto positivo en la sostenibilidad y eficiencia energética. A continuación, se van a analizar los objetivos que se consideran importantes en este proyecto.

ODS 7: Energía asequible y no contaminante

La energía se utiliza para muchas actividades cotidianas como es el caso de cocinar o, incluso, el aseo personal y alguna tarea del hogar. Es muy importante promover la utilización de energías renovables, así como la financiación de tecnologías más limpias. Dentro de este objetivo, destacamos distintos apartados:

- *Objetivo 7.1: Garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos.* El sistema domótico permite un uso más eficiente de la energía en el hogar, reduciendo los costos y el consumo energético.
- *Objetivo 7.2: Aumentar sustancialmente el porcentaje de la energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas.* La integración con sistemas de energías renovables, como paneles solares, optimizando el autoconsumo y contribuyendo a una mayor utilización de energías limpias.
- *Objetivo 7.3: Duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética.* La automatización y el control inteligente de los sistemas del hogar incrementan la eficiencia energética, se reduce el desperdicio y se mejora el uso de recursos energéticos.

ODS 9: Industria, innovación e infraestructura

Es imprescindible que se realicen inversiones importantes en las infraestructuras de los países para así tener una economía fuerte. La existencia de la innovación es importante, para que así las industrias sean más productivas y menos contaminantes. Continuamente están evolucionando, dando lugar a nuevos proyectos que contribuyen a distintos aspectos.

- *Objetivo 9.4: Modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles,* con un uso más eficiente de los recursos renovables y la implementación de tecnologías limpias.

ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles

Las ciudades tienen distintos objetivos principales que son, entre otros, ser espacios seguros, inclusivos, resilientes y sostenibles, ya que en ellos conviven muchas personas y siguen creciendo continuamente, por lo tanto, uno debe ser cuidadoso con esos aspectos.

- **Objetivo 11.6:** *Reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, prestando especial atención a la calidad del aire y a la gestión de los desechos municipales.* Se contribuye a una mejora de la calidad del aire que nos rodea al reducir el consumo energético, ya que se disminuyen las emisiones de gases de efecto invernadero y la huella de carbono del hogar.
- **Objetivo 11.7:** *Proporcionar acceso universal a zonas verdes y espacios públicos seguros, inclusivos y accesibles.* El ahorro energético y la sostenibilidad que tienen lugar al aplicar los sistemas domóticos en los distintos hogares, pueden liberar grandes cantidades de recursos para mejorar la sostenibilidad y la eficiencia energética

ODS 12: Producción y consumo responsables

El consumo que no es responsable o no es sostenible produce una mayor contaminación al medioambiente, dañando la salud del planeta y, por consiguiente, a todos los integrantes del planeta. Todos los seres humanos del planeta deben llevar a cabo actividades sostenibles que contribuyan a frenar el cambio climático y la huella de carbono que hay actualmente.

- **Objetivo 12.2:** *Lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales.* El sistema domótico se centra en la eficiencia energética, reduciendo el consumo y dando importancia a la gestión responsable de la energía y la sostenibilidad.
- **Objetivo 12.5:** *Reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización.* Los electrodomésticos pueden reducir su uso disminuyendo el desgaste masivo de estos aparatos, contribuyendo a generar menos residuos. Para ello, estos utensilios deben

de ser reutilizados o reciclados, para evitar ser desperdiciados desde el principio sin volver a ser usados.

ODS 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos

El cambio climático es uno de los problemas que más afecta a nuestra sociedad hoy en día, ya que supone efectos negativos en las personas, en la economía o en el medioambiente.

- Objetivo 13.1: *Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales.* Al reducir el consumo de energía que se utiliza en los hogares mediante la implantación del sistema domótico en estos, se reduce la huella de efecto invernadero y por lo tanto se mejora el cambio climático.
- Objetivo 13.3: *Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional en relación con la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana.* Al aplicar el sistema domótico en los hogares concienciamos a los usuarios de la necesidad de reducir la huella energética y llevar a cabo actividades más sostenibles. Así se está cambiando la mentalidad que tienen estas personas en el consumo de energía que generan.

ANEXO II

Código de python usado para calcular los ahorros anuales, el VPN, la TIR de forma más precisa:

```
import numpy as np

import numpy_financial as npf

pip install numpy-financial

costo_instalacion = 3689.29
tasa_descuento = 0.05
vida_util = 20
caea = 1602.5

# Ahorros anuales para cada porcentaje de optimización
ahorros_anuales = {
    caea: {0.17: caea * 0.17, 0.20: caea * 0.20, 0.23: caea * 0.23},
}

# Función para calcular el VPN
def calcular_vpn(ahorro_anual, tasa_descuento, vida_util,
costo_instalacion):
    flujos = [ahorro_anual / (1 + tasa_descuento) ** t for t in
range(1, vida_util + 1)]
    vpn = sum(flujos) - costo_instalacion
    return vpn

# Función para calcular la TIR
def calcular_tir(ahorro_anual, costo_instalacion, vida_util):
    flujos = [-costo_instalacion] + [ahorro_anual] * vida_util
    tir = npf.irr(flujos)
    return tir

# Cálculos
resultados = {}
for caea, optimizaciones in ahorros_anuales.items():
    resultados[caea] = {}
    for porcentaje, ahorro_anual in optimizaciones.items():
```

```
        vpn = calcular_vpn(ahorro_anual, tasa_descuento, vida_util,
costo_instalacion)
        tir = calcular_tir(ahorro_anual, costo_instalacion,
vida_util)
        resultados[caea][porcentaje] = {'Ahorro Anual': ahorro_anual,
'VPN': vpn, 'TIR': tir}
resultados
```