



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICA I)
INGENIERO INDUSTRIAL

**DESARROLLO DE PRODUCTOS DE
CONTROL SIN CONTACTO PARA EL
UNIVERSO DE LA VIVIENDA. ÉNFASIS
EN LA ILUMINACIÓN Y EN EL
ACERCAMIENTO A LOS USOS**

Autor: Patricia Igartua Barturen
Director: Cédric Dinont

Madrid
Junio 2016

AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESIS O MEMORIAS DE BACHILLERATO

1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.

El autor D. _____

DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra:

_____,
que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor **CEDE** a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

3º. Condiciones de la cesión y acceso

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar “marcas de agua” o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducir la en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

4º. Derechos del autor.

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que

podieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e intereses a causa de la cesión.

- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a de de

ACEPTA

Fdo.....

Motivos para solicitar el acceso restringido, cerrado o embargado del trabajo en el Repositorio Institucional:

Proyecto realizado por el alumno/a:

Patricia Igartua Barturen

Fdo.: Patricia Igartua

Fecha: 27./05./2016

Autorizada la entrega del proyecto cuya información no es de carácter
confidencial

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Cédric Dinont



Po Andreas Kaiser
Directeur d'ISEN Lille

Fecha: 27/05/2016

Vº Bº del Coordinador de Proyectos

Fernando de Cuadra García

Fdo.:

Fecha:/...../.....



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

**DESARROLLO DE PRODUCTOS DE
CONTROL SIN CONTACTO PARA EL
UNIVERSO DE LA VIVIENDA. ÉNFASIS
EN LA ILUMINACIÓN Y EN EL
ACERCAMIENTO A LOS USOS**

Autor: Patricia Igartua Barturen
Director: Cédric Dinont

Madrid
Junio 2016

RESUMEN DEL PROYECTO

Introducción

La iluminación ideal de una casa debería de diseñarse de tal forma que aporte la luz necesaria según las distintas situaciones, pero, además, siempre usando la mínima cantidad de energía posible.

El tipo de luz, de intensidad es distinto para cada lugar la casa. Por ejemplo, no es igual en una zona de trabajo que en una zona de paso.

En los últimos años, se han desarrollado sistemas que dan lugar a una iluminación inteligente. De esta manera, se consigue adaptar la luz a distintas necesidades de iluminación y un ahorro energético importante.

Existen múltiples maneras de controlar la iluminación de una casa, un establecimiento, fábrica, etc. Por un lado, existen controles básicos y simples y por otro lado, controles más complejos.

Los controles específicos de tipo individual son fáciles de instalar, de utilizar y tienen un precio asequible. Sin embargo, solo proporcionan la solución específica para la que están diseñados, por ejemplo, controlar la iluminación de una habitación, y técnicamente no son muy sofisticados. Así, por ejemplo, en el caso de un detector de presencia el apagado no se produce hasta que pasa un tiempo predeterminado, lo que hace que se consuma energía innecesariamente cuando la persona ya ha abandonado el lugar. Igualmente, en ocasiones, no se produce el encendido por encontrarse la persona en un ángulo muerto.

Las soluciones globales, por su parte, son lógicamente más completas pero no tienen, de momento, tanto éxito por una razón de precio principalmente. Se trata de los sistemas domóticos que pueden llegar a controlar toda una casa de manera inteligente.

La empresa francesa, Adeo, solicitó una solución que tuviera varias características. En primer lugar, un precio asequible, es decir, que fuese inferior al precio de un sistema domótico. En segundo lugar, facilidad de instalación, de tal forma que cualquier persona sin conocimientos fuera capaz de instalarlo. En tercer lugar, facilidad de utilización, evitando la necesidad de utilizar el teléfono móvil como mando. Por último Adeo, no deseaba una mejora de los sistemas domóticos existentes sino una alternativa a los mismos.

Metodología

Tras un estudio exhaustivo de los usos que personas hacen de su iluminación, a través de entrevistas y análisis, se decidió hacer un prototipo que combinase varias características. En primer lugar, el encendido automático de la entrada a través de una tarjeta y en segundo lugar, el apagado automático de todas las luces de la casa en el momento en el que esta quedase vacía.

Resultado

De esta manera, se creó la idea de una solución “Caballo de Troya”. Se trata de una solución base que el usuario podría instalar en su casa y permitiría un control muy simple de la iluminación.

El prototipo contendría varios componentes. En un primer lugar, una tarjeta que el usuario podría instalar en su llavero que le permitiría no tener que interactuar con los interruptores. Y además, otros componentes que servirían de módulo de detectores que comunicaría con el resto de componentes vía Bluetooth con la ayuda de Arduinos.

A través de la detección de la presencia de la tarjeta en la sala por el módulo de detectores y conociendo la luminosidad ambiente gracias a un sensor fotoeléctrico, tendría lugar el encendido de las luces de la sala con mayor o menor intensidad. Además el módulo de control, que sería el “cerebro” del interruptor, contendría tres posiciones, puesto que se concluyó, gracias al análisis realizado en primer lugar, que era imperativo que la solución permitiese siempre volver al modo tradicional (manual) para poder controlar la iluminación de la casa. Las tres posiciones son las siguientes.

- Posición automática: Permitiría al usuario interactuar con la luz gracias a su tarjeta,
- Posición ON: Permitiría volver al modo manual y encender la luz,
- Posición OFF: Permitiría apagar la luz en cualquier momento.

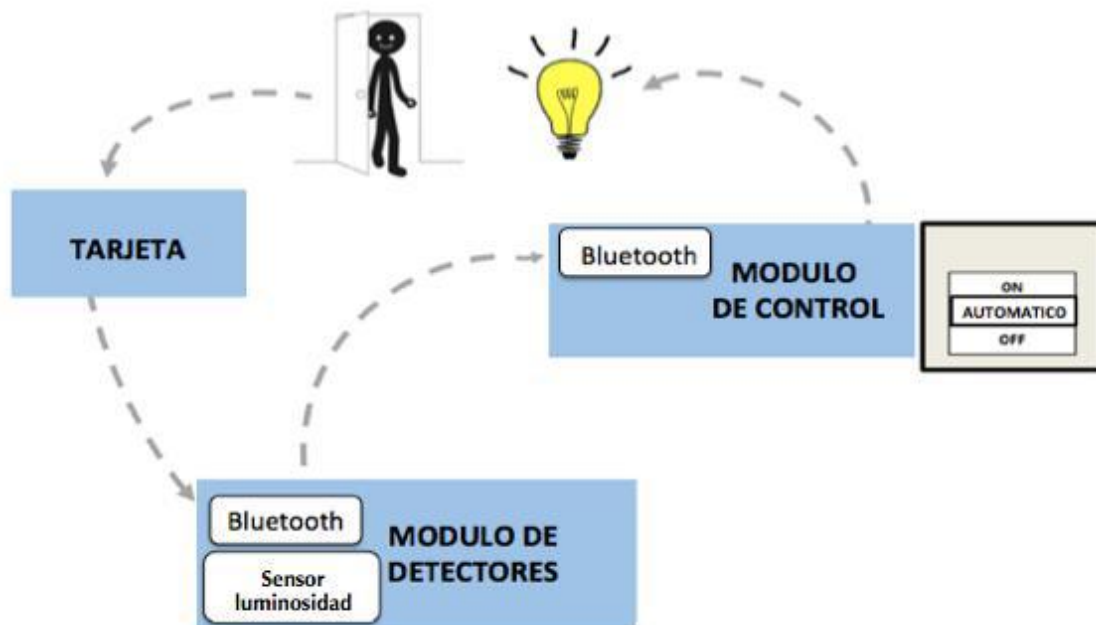


Figura 1. Esquema del principio de funcionamiento del prototipo

La solución siendo simple y asequible puede estar complementada añadiendo nuevos equipos y extendiendo la solución base a todas las salas de la casa de manera a crear escenas más complejas. Se presentan dos tipos de evolución:

- **Una evolución “horizontal”:** Una vez la entrada equipada de la solución propuesta, el consumidor podrá comprar el mismo pack (modulo de detectores, modulo de control) y equipar otra sala de la casa con esta tecnología. Al realizar esto no se aporta ninguna evolución tecnológica, simplemente permitirá poder encender las luces del resto de la casa de manera automática también. No se cambia el funcionamiento de la solución en el nivel de la entrada.
- **Una evolución “vertical”:** Otra evolución más tecnológica es posible. La solución presentada anteriormente utiliza un protocolo abierto (Bluetooth). De esta forma el añadir nuevos módulos de detectores es muy fácil.

Conclusión

A través de esta idea se ha querido crear una solución intermedia entre métodos de control más básicos y los sistemas domóticos, intentando eliminar los problemas que las personas detectan en las soluciones actuales que tienen sus casas.

La solución es evolutiva, el usuario en un primer lugar compraría el kit base, que contiene varias tarjetas, un módulo de detectores y un módulo de control. Si se instalase una aplicación móvil, podría crear escenas simples en su casa.

ABSTRACT

Introduction

The ideal lighting of a home should be designed in such a manner that it provides the necessary light for the different situation, but always using the minimum possible amount of energy.

The kind of light, its intensity is different for each place within a house. For instance, it is not the same in a working area than in a passage area.

In the last years, systems have been developed that provide for an intelligent lighting. In such manner, it is possible to adapt the light to different lighting needs and important energy savings.

There are multiple ways to control the lighting of a home, of a commercial premise or a manufacturing plant. On the one hand, there are basic and simple controls an, on the other hand, more complex controls.

Specific individual control devices are easy to install, to use and have an affordable price. However, they just provide the specific solution for which they have been designed, for instance, controlling the lighting of a room, and they are not sophisticated from a technical point of view. Hence, for example, in the event of a presence detector, the switching off does not occur until a predetermined time elapses, more unnecessary energy being the consumed when the person has abandoned the place. Likewise, sometimes, the switching on does no occur since the person is located in a blind spot.

The global solutions, in turn, are logically more complete but, so far, they are not so successful, due to a pricing issue, basically. These are the domotic systems, which may control a whole house in an intelligent manner.

The French company Adeo, requested a solution which could combine the characteristics of both kind of systems. Firstly, an affordable price, in the sense that it should be lower than the one referred to a domotic system. Secondly, an easy installation, in such a manner that any person without technical knowledge would be able to install it. Thirdly, Adeo, did not want an improvement of the existing domotic systems but an alternative to them.

Methodology

After an exhaustive study of the lighting uses that people makes, through interviews and analysis, it was decided to produce a prototype, which combined several features. In the first place, the automatic switching on of the entrance through a badge and, in the second place, the automatic switching off of the house lighting when it gets empty.

Results

Consequently, the idea of a “Trojan Horse” solution was worked out. This is a solution base that the user could install in his house and would permit a very simple control of lighting.

The prototype would include several components. First, a badge that the user could install in his keychain so it would permit the user not to be obliged to interact with the switches. Additionally, other components would constitute the detector device, which would communicate with the rest of components via Bluetooth with the help of Arduinos.

Through the detection of the presence of the badge in the room by the detector device and knowing the ambient brightness through a photoelectric sensor, the switching on of the lighting of the room would take place with greater or lower intensity. Besides, the “brain” of the switch, would present three positions, since it was concluded, through the abovementioned study, that it was compulsory that the solution would always allow to return to the traditional mode (manual) to control house lighting. The three positions are the following:

- Automatic position: It would allow the user to interact with the light through its badge.
- ON position: It would allow to return to the traditional mode and to switch on the light.
- OFF position: It would allow switching off the light at anytime.

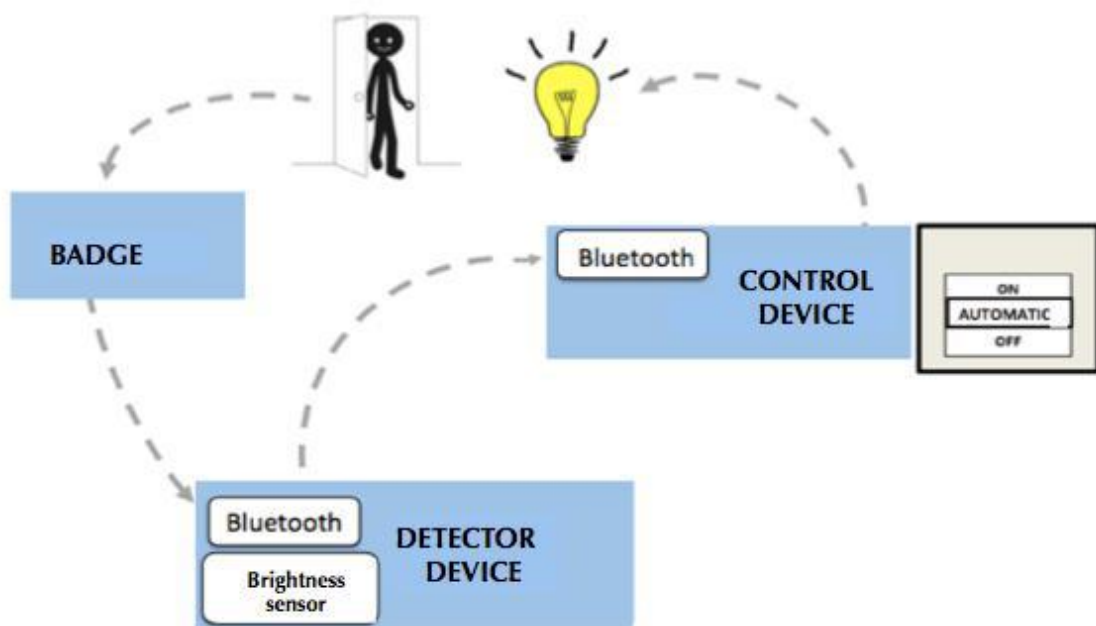


Figure 1. Scheme of the functioning of the prototype

Adding new equipment and extending the base solution to all the rooms of the house, in order to create more complex scenes, could complement the solution, being simple and affordable. Two types of evolution are presented:

- A **“horizontal” evolution:** Once the entrance has been equipped with the propose solution, the consumer could buy the same pack (detector device and control device) and equip other room of the house with such technology. When thus is implemented no technological evolution is implemented, but simply it will be possible to switch on the rest of the lights of the house in an automatic way as well. The functioning of the solution at the entrance is not modified.
- A **“vertical” evolution:** Another technological evolution is possible. The previous solution uses an open protocol (Bluetooth). In such manner, adding new detector devices is very simple.

Conclusion

Through this idea, it has been searched to create an intermediate solution between the more basic control systems and the domotic systems, trying to eliminate the problems to which people are currently exposed in their homes.

The solution has an evolutionary nature. The user would, firstly, purchase the base kit, which includes several badges, a detector device and a control device. A mobile application could be installed to have the possibility to create simple scenes in the house.

Tabla de Contenidos

RESUMEN DEL PROYECTO.....	7
Índice de figuras.....	17
Índice de tablas.....	18
Capítulo 1 INTRODUCCIÓN	19
Capítulo 2 ESTADO DEL ARTE	23
2.1. Historia de las lámparas	23
2.2. Tecnologías de redes inalámbricas.....	24
2.3. Productos	26
Capítulo 3 IDENTIFICACIÓN DE LOS USOS	29
3.1. Estudio cualitativo.....	29
3.1.1. Entrevistas individuales	29
3.1.2. Co-design.....	29
3.1.3. Análisis cualitativo	30
3.2. Estudio cuantitativo.....	32
3.3. Encuesta en la empresa Adeo.....	34
Capítulo 4 EL PROTOTIPO	39
4.1. Principio de funcionamiento del prototipo	39
4.2. El objetivo de la solución y sus evoluciones.....	40
4.2.1. El objetivo de la solución.....	40
4.2.2. Las posibles evoluciones de la solución.....	41
4.3. Su competencia, sus ventajas y desventajas del mercado	42
4.3.1. Su competencia.....	42
4.3.2. Ventajas y desventajas.....	42
4.4. Elementos presentes en el prototipo	43
4.5. Elaboración del prototipo y los límites de su funcionamiento	47
4.5.1. Elaboración.....	47
4.5.2. Mejoras y límites del prototipo.....	49
Capítulo 5 EVOLUCIÓN DEL PROTOTIPO	51
5.1. Evoluciones más avanzadas.....	51
5.2. Control a través de teléfono móvil	51
Capítulo 6 CONCLUSIÓN.....	55
Bibliografía y referencias.....	57
Anexo I Guión de las entrevistas individuales	59
Anexo II Cuestionario Kano	61

Anexo III	Análisis del cuestionario	65
Anexo IV	Detalles precio del prototipo	67
Anexo V	Código	69
Anexo VI	Aplicación de móvil.....	71

Índice de figuras

Figura 1. Esquema del principio de funcionamiento del prototipo.....	9
Figura 2. Evolución de facturación del sector de la domótica en España.....	20
Figura 3. Evolución de la eficiencia de las distintas fuentes de luz en los últimos 100 años	23
Figura 4. Distribución de la edad de los participantes en el cuestionario.....	32
Figura 5. Disyuntor conectado	35
Figura 6. Esquema de eléctrico de la solución.....	36
Figura 7. Arduino Uno	44
Figura 8. Arduino Nano	44
Figura 9. Componentes electrónicos de la tarjeta	45
Figura 10. Componentes electrónicos del módulo de detectores.....	45
Figura 11. Componentes electrónicos del módulo de control.....	46
Figura 12. Principio de funcionamiento del prototipo con los componentes detallados	47
Figura 13. UML del prototipo.....	48
Figura 14. UML del prototipo con interruptor.....	48
Figura 15. Menú principal de la aplicación móvil	52
Figura 16. Crear una escena o simulación de presencia	53
Figura 17. Variación inmediata de intensidad	53

Índice de tablas

Tabla 1. Comparación de algunas tecnologías de redes inalámbricas	25
Tabla 2. Requerimientos de los usuarios	31
Tabla 3. Tabla de evaluación de Kano.....	33
Tabla 4. Clasificación de los requerimientos	34
Tabla 5. Características técnicas de los Arduinos.....	44

Capítulo 1 INTRODUCCIÓN

La iluminación ideal de una casa debería de diseñarse de tal forma que aporte la luz necesaria según las distintas situaciones, pero, además, siempre usando la mínima cantidad de energía posible.

El tipo de luz, de intensidad es distinto para cada lugar la casa. Por ejemplo, no es igual en una zona de trabajo que en una zona de paso.

Además, hay una clara necesidad de ahorro energético. Según datos de la Agencia Internacional de la Energía (AIE), el consumo mundial de energía aumentará un 50% entre 2004 y 2030. Además el consumo de energía eléctrica debería crecer dos veces más rápido que el consumo medio de energía. Según EDF (Électricité de France) la demanda de energía podría aumentar un 60% de aquí a 2030.

Hay que tener en cuenta que el 30% de consumo de energía es debido al consumo doméstico, por lo tanto es de gran importancia encontrar una manera de encontrar sistemas que permitan emplear la energía de manera más eficiente en este ámbito.

En los últimos años se ha desarrollado la idea del control de la luz de forma inteligente que se adapta a las necesidades de cada situación, creando escenarios adecuados para cada momento, proporcionando un alto grado de confort y un elevado ahorro de energía.

Dentro de este marco de referencia, este trabajo se desarrolla a petición del grupo Adeo a la Haute École d'Ingénierie (HEI) de la Université Catholique de Lille.

El grupo francés Adeo es el tercer actor mundial en venta de bienes de consumo para bricolaje y decoración. El grupo cuenta con 15 marcas, entre las cuales son muy conocidas Leroy Merlin, Aki o Bricomart.

El grupo ha desarrollado una importante gama de productos relacionados con el control a distancia de la iluminación y del resto de elementos tecnológicos de una vivienda o instalación. Así cuenta, tanto con instrumentos específicos para finalidades concretas como mandos por movimiento, detectores de presencia, detectores de luminosidad como con sistemas globales, como diversos tipos de sistemas domóticos, por ejemplo, Evology, a través de los cuales, efectivamente se puede controlar desde un único aparato todos esos elementos tecnológicos.

Los controles específicos de tipo individual son fáciles de instalar, de utilizar y tienen un precio asequible. Sin embargo, solo proporcionan la solución específica para la que están diseñados, por ejemplo, controlar la iluminación de una habitación y técnicamente no son muy sofisticados. Así, por ejemplo, en el caso de un detector de presencia el apagado no se produce hasta que pasa un tiempo predeterminado, lo que hace que se consuma energía innecesariamente cuando la persona ya ha abandonado el lugar, o, en ocasiones. Igualmente, en ocasiones, no se produce el encendido por encontrarse la persona en un ángulo muerto.

Las soluciones globales, por su parte, son lógicamente más completas pero no tienen, de momento, tanto éxito.

Por ejemplo, el sistema domótico antes mencionado tiene un coste de entrada muy alto, más de 200€ por simplemente su centralita, su instalación es complicada y necesita conexión internet para operar. Igualmente su utilización no es sencilla, sobre todo para personas no acostumbradas a operar con tecnología moderna (tercera edad), y en todo caso, necesita para su funcionamiento un Smartphone o un mando a distancia. En muchas ocasiones, el teléfono o el mando se han extraviado y se tarda en localizarlos. Así mismo, el uso del teléfono móvil como mando no es sencillo para muchas personas.

El grupo Adeo necesitaba encontrar una solución que incluyese las ventajas de las soluciones globales, es decir, que controlara todos los elementos tecnológicos de una casa o instalación y que eliminara, o, por lo menos, minimizara los problemas mencionados. Sobre todo estaba interesado en que el producto desarrollado contuviera cuantos más usos posibles y fuera de muy fácil utilización.

La dificultad en el desarrollo del mercado de los sistemas domóticos complejos, pudo observarse, por ejemplo, en el siguiente gráfico relativo a las ventas en el sector de la domótica en España. Aunque la situación en nuestro país se ve sin duda afectada por la crisis inmobiliaria, parece también evidente que el producto no ha sido capaz de crecer al mismo nivel que otros instrumentos de base tecnológica (por ejemplo, los relacionados con telecomunicaciones) cuya venta no se ha visto tan afectada por la crisis.

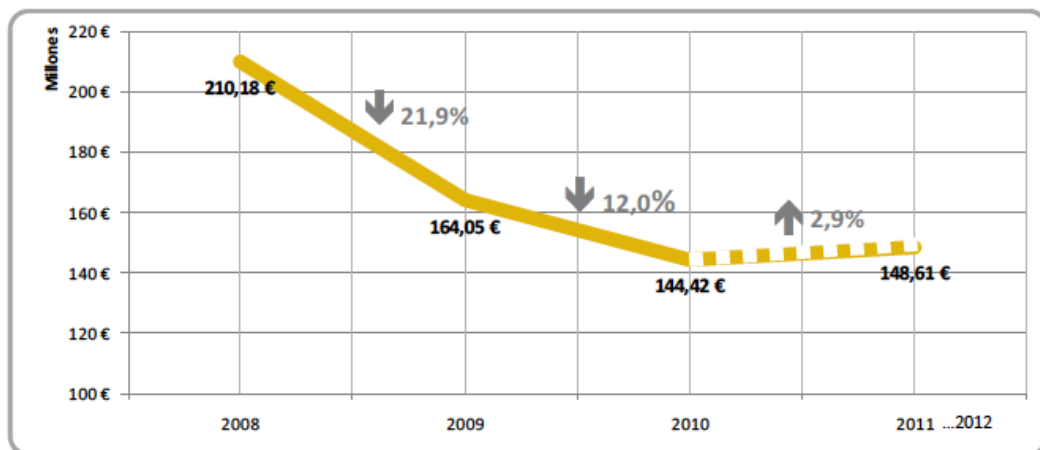


Figura 2. Evolución de facturación del sector de la domótica en España

En consecuencia, Adeo solicitó una solución que tuviera varias características. En primer lugar, un precio asequible, es decir, que fuese inferior al precio de un sistema domótico. En segundo lugar, facilidad de instalación, de tal forma que cualquier persona sin conocimientos fuera capaz de instalarlo. En tercer lugar, facilidad de utilización, evitando la necesidad de utilizar el teléfono móvil como mando. Por último, no deseaba una mejora de los sistemas domóticos existentes sino una alternativa a los mismos.

En cuanto a la metodología de trabajo se decidió, dada la importancia de que el producto fuera de fácil instalación y utilización para los usuarios, el realizar una identificación de los usos deseados por los clientes. Para ello se realizaron estudios cualitativos a través de entrevistas individuales y una sesión de co-design; estudios cuantitativos mediante un cuestionario elaborado según un modelo Kano; una encuesta

en la empresa Adeo entre los trabajadores como representativos de potenciales usuarios. Después de analizar todos estos resultados, se procedió a las decisiones definitivas sobre las soluciones técnicas adecuadas y a la producción del prototipo y programación del código. Finalmente se redactó un proyecto y se presentó a la empresa.

El cronograma de los trabajos es el siguiente:

	Febrero				Marzo				Abril			
Estudios Preliminares	■	■										
Brainstorming sobre el uso de la luz			■									
Preparación de una guía de entrevista				■								
Entrevistas individuales				■	■	■						
Co-design				■	■							
Analizar los resultados de la sesión de co-design					■							
Preparación del cuestionario Kano							■					
analizar las respuestas del cuestionario Kano							■	■				
Encuesta en Adeo								■				
Analizar los resultados de la encuesta en Adeo								■				
Decisión de soluciones técnicas adecuadas			■	■	■	■	■	■				
Producción del prototipo									■	■	■	
Programación del código									■	■	■	■
Redacción y entrega del proyecto										■	■	■
Presentación en Adeo												■

Capítulo 2 ESTADO DEL ARTE

2.1. Historia de las lámparas

En un primer lugar se utilizaban lámparas incandescentes que funcionan a través del calentamiento eléctrico de un alambre a una alta temperatura en la que la radiación se emite en el campo visible del espectro. Un gran inconveniente de estas lámparas es su baja eficiencia puesto que el 90% de energía se pierde en forma de calor.

En los últimos 40 años se han desarrollado las luces fluorescentes y lámparas de descarga, que son más eficientes que las incandescentes, puesto que la luz se consigue estableciendo una corriente eléctrica entre dos electrodos situados en un tubo lleno con un gas o vapor ionizado. Pero son poco flexibles en cuanto al color de la luz que emiten. A partir de 1960 se ha estado trabajando en el desarrollo de sistemas de iluminación basados en dispositivos de estado sólido (LEDs), que en un principio parecían no ser más eficientes que el resto, pero que, poco a poco se han convertido en la solución más eficiente de todas y por lo tanto el futuro en la iluminación. Además de esta gran ventaja presenta otras, como, por ejemplo, su bajo consumo energético que puede generar un 90% de ahorros con respecto a las lámparas de incandescencia; su vida útil de hasta 50,000 horas; su alta calidad de luz y la protección del medio ambiente y la salud, ya que no emite rayos ultravioleta ni infrarrojos, se reducen las emisiones de CO₂ y son reciclables.

En la siguiente figura se puede apreciar la evolución de la eficiencia de las distintas luces en los últimos 100 años.

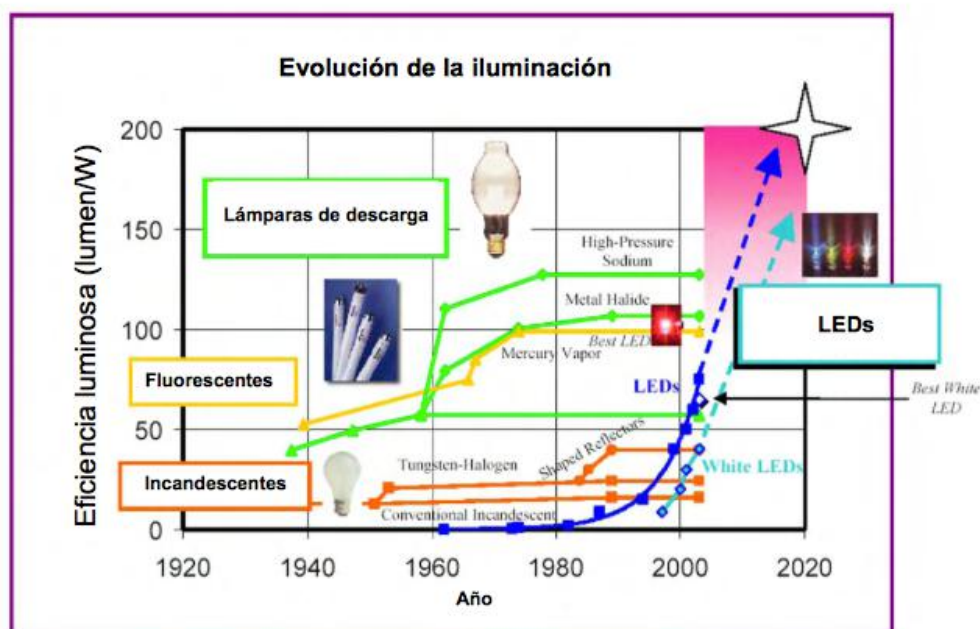


Figura 3. Evolución de la eficiencia de las distintas fuentes de luz en los últimos 100 años

2.2. Tecnologías de redes inalámbricas

Para que los diferentes componentes del sistema de iluminación se comuniquen entre ellos existen varias tecnologías de redes inalámbricas que permiten una conexión sin cables.

- Wi-Fi

Es una de las tecnologías de comunicación inalámbrica a través de ondas más utilizada hoy en día. También es conocida como WLAN (*wireless Lan*, red inalámbrica) y sigue el estándar de comunicación IEEE 802.11. Existen varios tipos de red Wi-Fi, en primer lugar 802.11 que tiene una velocidad de emisión de 54 Mbps, un alcance de 10m y una frecuencia de 5GHz. También existe, 802.11b que emite a 11 Mbps con un alcance máximo de 100 metros y frecuencia 2,4 GHz. y por ultimo 802.11g que emite a 54 Mbps, con un alcance de 100m y frecuencia de 2,4 GHz. Por estas razones se utiliza sobretodo para el acceso a internet sin cables.

- Bluetooth

Es un principio de diseño para conectar dispositivos de manera inalámbrica, como por ejemplo, impresoras, teléfonos móviles o teclados. Cada vez se utiliza más en teléfonos móviles para comunicar con equipos y especialmente para la comunicación manos libres, con auriculares o manos libres del coche.

La tecnología Bluetooth puede transmitir a velocidades de 1Mbps, con un alcance de 10 a 100 metros dependiendo de su potencia radiada.

La banda de transmisión de datos en las que se mueve va de 2,4 a 2,8 GHz, pudiendo transmitir hasta 1600 saltos/s y un total de 79 canales divididos en intervalos de 1 MHz. La comunicación Bluetooth se basa en el modo de operación maestro/esclavo. El dispositivo maestro solo puede conectarse con un solo esclavo al mismo tiempo, pero va cambiando rápidamente de esclavos para parecer que esta simultáneamente conectado a todos los esclavos.

- ZigBee

ZigBee es un estándar de comunicación inalámbrico diseñado por la ZigBee Alliance. Está basado en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal y tiene como objetivo las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías. Se trata de un sistema ideal para redes domóticas que evita la acumulación de sensores y actuadores individuales.

Presenta unas velocidades comprendidas entre 20 y 250 kbps y un alcance de 10 a 75 metros. Su banda de transmisión de datos es de 2,4 GHz (Mundial), 868 MHz (Europa) y 915 MHz (EEUU).

Su alimentación se realiza a través de baterías con muy bajo consumo de manera que pueden llegar a durar de seis meses hasta dos años.

Tecnologías para WLAN y WPAN	Wi-Fi	Bluetooth	ZigBee
Estándar	IEEE 802.11a/b/g	IEEE 802.15.1	IEEE 802.15.4
Alcance aproximado (interior)	30-90 m	<10 m	50 m
Consumo de potencia	30-50 mW	10 mW	0,03 mW
Máxima velocidad de transmisión	54 Mbps	3Mbps	250 kbps
Aplicaciones	Transmisión de datos	Sustitución de cables	Bajo consumo, transmisión de datos a bajas velocidades

Tabla 1. Comparación de algunas tecnologías de redes inalámbricas

Existen además, otros tipos de estándares de conexión inalámbrica que están directamente ligados al campo de la domótica y se presentan a continuación.

- **Z-wave**

Z-Wave es un estándar de conexión inalámbrica para los sistemas domóticos. Se suele utilizar para la iluminación, la electricidad, las alarmas, etc.

Es un sistema fiable puesto que utiliza una red en malla donde los nodos comunican unos con otros vía radio y de esta forma se puede verificar el estado de los nodos y la entrega de todos los mensajes está verificada. Además no necesita mucha energía y ancho de banda, y esto se traduce en un mejor alcance de la señal y una mayor duración de las baterías. Utiliza frecuencias de radio en la banda inferior a 1MHz.

El alcance de esta tecnología esta condicionada por el lugar donde sea emitida la señal, los muros frenan su propagación. Por lo tanto presenta un alcance de 30 metros en el interior y 100 en el exterior. El protocolo Z-wave tiene una velocidad de transmisión de 9.6 kbits/s, la que puede parecer muy pequeña, pero es suficiente para que los mensajes, que ocupan únicamente algunos octetos, lleguen rápidamente a su destino. De igual manera el tiempo de respuesta es muy rápido.

Para poder acceder a Z-wave es necesario añadir un chip a un componente en su circuito electrónico. Este chip contiene:

- un receptor/emisor RF
- un microprocesador
- 32kB de memoria flash conteniendo el protocolo Z-Wave, una aplicación para controlarlo y algunas características de la red que le concierna
- interfaces sistemas (numéricas y analógicas) de manera a poder conectar todo tipo de electrónica como sensores
- un motor 3DES para asegurar la confidencialidad y autenticidad
- un controlador Triac para los variadores

Además Z-wave permite comunicar entre elementos de diferentes fabricantes. No se trata de un protocolo abierto, sino de una tecnología propietaria. Está regulado por una empresa Zensys, y un grupo de profesionales, Z-Wave Alliance (2005). Se trata por lo tanto de un protocolo específico, pero específico a más de 170 fabricantes de módulos de este tipo.

- **EnOcean**

EnOcean es un sistema de automatización de edificios no que necesita alimentación ninguna. Es posible crear redes inalámbricas fiables que permiten ahorrar energía. Su tecnología cuenta con sensores y actuadores capaces de recoger energía del ambiente y convertirla, a través de unos transformadores de energía miniaturizados integrados. Gracias a pequeños cambios de movimiento, de presión, de iluminación, de temperatura o de vibración se puede alimentar a los dispositivos.

Son elementos inalámbricos que no necesitan alimentación ni baterías, y tienen un alcance de 300 metros en el exterior y 30 en el interior. Los mensajes que se transmiten son pequeños, aproximadamente 24 bytes y su velocidad de transmisión es de 120 kbits/s. La frecuencia de transmisión usada por estos dispositivos es de 868.3 MHz.

Una gran ventaja de esta tecnología es que tiene una gran flexibilidad puesto que no necesita cables ni baterías y por esta razón el coste de mantenimiento será nulo ya que no tendrán que ser sustituidas. Además es compatible con otros sistemas de control, como LonWorks, KNX, Dali, LCN, BACnet, TCP/IP y sistemas propietarios.

De esta manera cuentan con una gran variedad de módulos inalámbricos vía radio, como interruptores, termostatos, etc.

2.3. Productos

A continuación se presentan los productos que sirven para controlar la iluminación de una casa, para centrar el estudio se realizó esta búsqueda en las marcas pertenecientes al grupo Adeo, en concreto Leroy Merlin.

- **Detectores**

En primer lugar, existen los detectores de movimiento, con diferentes ángulos de detección de 120° a 360°. Todos presentan una distancia de detección de 8 metros y deben de ser alimentados a 230V y 50 Hz. Su consumo varía entre 500W-1000W y sus precios van de 22€ a 64€. Además también existen detectores crepusculares, que conectan todas las lámparas de forma automática cuando la luz en el ambiente es inferior al nivel ajustado previamente. Esto permite un ahorro de energía, eficiencia energética y seguridad. Se alimenta también a 230V y su precio está en torno a los 17€.

- **Bombillas**

Existe una gran variedad de bombillas LED inteligentes. Cabe la posibilidad de regular el nivel de luminosidad de estas a través de una aplicación móvil que conecta con la lámpara a través de la tecnología Bluetooth. El consumo de esta solución es de 25W y su precio 25€, de la misma manera, también se puede regular la temperatura y el color de la luz. Su consumo sería de 60W y su precio subiría a los 40€.

Además se ofrecen soluciones más avanzadas, como, el kit LED inteligente LIGHTIFY. Se trata del control de la iluminación a través de una red WLAN y una aplicación móvil gratis. Gracias a esto, se puede cambiar el color de la luz según se desee y crear escenas que se adapten al gusto de cada usuario. El kit básico contiene el *gateway*, que es el dispositivo que actúa de interfaz de conexión entre el móvil y la LED, y una lámpara LED inteligente. El consumo de este kit es de 60W y su precio 100€.

- **Sistemas domóticos**

Existen varios sistemas domóticos que incluyen una centralita (dispositivo GATE) y un termostato inteligente. Permiten controlar la iluminación, calefacción, persianas, enchufes, etc; a través del teléfono móvil o Tablet con una aplicación gratuita. Tienen un alcance de 30 metros y una potencia admitida de 2W. Necesitan una alimentación a través de pilas AA y el protocolo de comunicación utilizado es ZigBee. El precio de este sistema es de 195€, pero añadiendo otros dispositivos como un enchufe inteligente y un medidor de electricidad el precio aumenta a 300€.

Además existe otro sistema domótico que incluye a parte de todo lo anterior un sistema de seguridad y vigilancia que utiliza el protocolo de comunicación Edisio, del que no se conocen las características técnicas, pero es sobre todo utilizado por la marca Dio. El precio de esta solución es de 230€.

Es importante resaltar que los sistemas domóticos presentados anteriormente no incluyen todos los dispositivos. Es necesario instalar también los sensores de movimiento o infrarrojos, detectores de vibraciones, sirena exterior, etc. Esto hace que el precio de la solución completa aumente considerablemente, partiendo de un mínimo de 100€.

Capítulo 3 IDENTIFICACIÓN DE LOS USOS

Con el fin de poder elegir un producto final se centró la primera parte del proyecto en un estudio sobre la manera de utilizar la luz de los consumidores, es decir como interactúan, como les gustaría interactuar y como no les gustaría. Para ello se llevó a cabo un estudio del tipo Kano. Se trata de una herramienta muy utilizada en el ámbito del marketing que tiene como objetivo desarrollar nuevos productos innovadores partiendo de las necesidades de los consumidores para poder llegar a una clasificación, por orden de importancia, de los aspectos técnicos de la solución a los que se debe responder. Se realizaron entrevistas individuales, se organizó una sesión de co-design y se elaboró un cuestionario en línea. Finalmente, se organizó una encuesta en la empresa Adeo con el fin de encontrar la solución final.

3.1. Estudio cualitativo

De manera a identificar las necesidades de los usuarios en términos de iluminación, se realizó un estudio cualitativo a través de entrevistas individuales y una sesión de co-design.

3.1.1. Entrevistas individuales

En primer lugar, se llevaron a cabo unas entrevistas individuales de manera a tener una primera idea de cuales eran las necesidades e irritantes de los consumidores en cuanto a iluminación. Los irritantes, son los elementos que molestan a los usuarios de sus soluciones de iluminación actuales. Las entrevistas tenían forma de un diálogo familiar entre el entrevistador y el usuario, en el cual se le incitaba a compartir sus impresiones sobre el tema de la iluminación (Anexo I). Se entrevistó a una decena de personas, 50% mujeres y 50% hombres, entre 20 y 49 años. Su duración era aproximadamente una treintena de minutos, y todas fueron grabadas y reescritas de manera integral con el fin de obtener una primera visión de las expectativas y necesidades de los clientes a la hora de elegir una solución de iluminación.

3.1.2. Co-design

El concepto de co-design ha surgido en los últimos tiempos como respuesta a la necesidad de abordar el diseño de productos, normalmente de carácter tecnológico en los cuales es muy importante el tipo de utilidades que los clientes esperan y el tipo de utilización que se quiere desarrollar, para hacer esta más sencilla y práctica. La opinión de los usuarios se recoge, sin embargo, no solo respecto al aspecto o manejo del producto, sino también respecto a cuestiones previas como las funcionalidades, o incluso, en ocasiones respecto a la selección de determinadas soluciones técnicas. El diseño del producto, por tanto, se produce mediante un proceso colaborativo.

En este caso se preparó una sesión de co-design en la que participaron además de expertos en la materia, potenciales usuarios seleccionados entre alumnos de la universidad, trabajadores de la empresa Adeo y familiares de los diseñadores del producto.

Se fijó como objetivo de esta sesión conocer las necesidades de los usuarios en términos de iluminación, así como sus preferencias a la hora de interactuar con la luz, comprender los obstáculos que potencialmente podían frenar la implantación de un sistema de iluminación sin contacto (y eventualmente de un sistema de control de todos los elementos electrónicos de una vivienda).

La sesión se desarrolló a lo largo de toda una jornada en la que se trabajó en diversos talleres para alcanzar los objetivos definidos. En primer lugar, se plantearon, para familiarizarse con el tema, las cuestiones siguientes:

- ¿En qué situaciones se utiliza la luz en una vivienda?
- ¿Cuáles son las preferencias a la hora de interactuar con la luz?
- ¿Cuáles son los problemas presentes en los sistemas de iluminación actuales?
- ¿Cuáles son las nuevas soluciones técnicas de iluminación?

Más tarde, se dividió al grupo en equipos para imaginar trabajar sobre tres escenas: Catastróficas, ideales y realistas, con el fin de listar los irritantes que existen en los sistemas de iluminación actuales y de buscar la forma de eliminarlos. Se dedujo que las personas querían que la luz se adaptase más fácilmente a su vida cotidiana y tener la posibilidad de crear escenas en función del momento del día.

3.1.3. Análisis cualitativo

Tras el análisis de las entrevistas individuales y los intercambios de ideas en la sesión de co-design, se identificaron las necesidades y expectativas de los usuarios a la hora de elegir un sistema de iluminación y se tradujeron en forma de requerimientos. Estos requerimientos son esenciales y considerados como condiciones necesarias, que deben de estar presentes en la solución, para la elección de un producto final.

Requerimiento	Enunciado
CR1	Sistema de control de iluminación de fácil acceso
CR2	Sistema de control (interruptor, mando...) retro iluminado
CR3	Temporizador ajustable
CR4	Posibilidad de controlar la iluminación manualmente
CR5	Iluminación inmediata a la intensidad deseada
CR6	Intensidad luminosa variable, según la hora del día
CR7	Intensidad luminosa variable, según la actividad del usuario
CR8	Intensidad luminosa variable, según la intensidad de la luz natural
CR9	Elementos activados según el momento del día
CR10	Elementos activados según las actividades de los usuarios
CR11	Tonos cálidos
CR12	Tonos similares a luz exterior
CR13	Diseño en adaptado a las tendencias de decoración actuales
CR14	Elementos inalámbricos
CR15	Acceso directo a los elementos que han de ser reemplazados regularmente
CR16	Indicador de desgaste de los elementos que han de ser reemplazados regularmente
CR17	Bajo consumo de energía
CR18	Reciclable
CR19	Bombilla de larga vida útil
CR20	Ecológico
CR21	Sistema de reserva en caso de una avería en la red
CR22	Instalación simple
CR23	Sistema compatible con las instalaciones actuales
CR24	Posibilidad de probar la solución antes de la compra
CR25	Solución garantizada
CR26	Precio asequible
CR27	Ahorro económico a medio plazo
CR28	Iluminación que aprende de los usos de los usuarios para volverse automáticos
CR29	Posibilidad de controlar la iluminación por control vocal
CR30	Posibilidad de controlar la iluminación por palmadas
CR31	Posibilidad de controlar la iluminación por gestos
CR32	Sistemas de control táctil
CR33	Detección al nivel del umbral de la puerta
CR34	Control luminoso través del felpudo
CR35	Ajuste luminoso al humor de los habitantes
CR36	Apagado automático cuando la casa está vacía
CR37	Información sobre el tiempo

Tabla 2. Requerimientos de los usuarios

3.2. Estudio cuantitativo

Una vez bien identificadas las preferencias de los consumidores, se llevó a cabo un estudio cuantitativo a través de un cuestionario siguiendo el modelo Kano. El objetivo de este era determinar el grado de importancia de cada requerimiento obtenido tras el análisis cualitativo, de manera a saber cual tenía que estar presente en el producto final. Se seleccionaron junto a los representantes de la empresa de Adeo las necesidades más importantes, estas eran las que más habían sido mencionadas a lo largo de las entrevistas individuales y la sesión de co-design, y las que mayor impacto podrían crear a la hora de realizar el producto final. De la misma manera se decidió evaluar el potencial de cinco ideas aparecidas en el análisis realizado, CR33 a CR37.

El cuestionario estaba estructurado en cinco partes y se puede encontrar en el Anexo III. En primer lugar, los datos de clasificación, es decir género y edad de los participantes para poder comprobar que la muestra de personas que respondían era representativa de la población. Se obtuvieron 416 respuestas válidas, lo que se traduce como un margen de error del 5% y un nivel de confianza del 95%. En total 44% de los participantes fueron hombres y 56% mujeres. La edad media de los participantes fue de 33 años, pero mirando con más detalle se observa que una gran proporción oscilaba entre los 20 y 25 años. Sin embargo, todas las categorías de años estaban representadas.

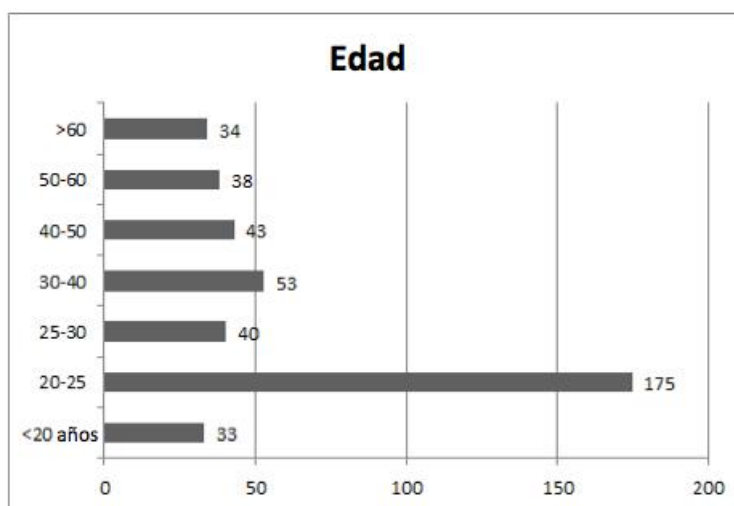


Figura 4. Distribución de la edad de los participantes en el cuestionario

La segunda y tercera parte del proyecto fueron construidas siguiendo el modelo Kano. Este presenta un formato de cuestionario que permite clasificar los requerimientos. Este modelo de cuestionario contiene siempre un número par de preguntas relacionadas con los requerimientos del cliente. Esto se debe a que para cada requerimiento existe una pregunta funcional y otra disfuncional.

La primera es del tipo “Si el producto cumple con tal requerimiento, ¿cómo se siente?”. La segunda, “Si el producto no cumple con tal requerimiento, ¿cómo se siente?”. Las respuestas son del tipo de selección múltiple y son las siguientes:

- Me gusta
- Es algo básico
- Me da igual

- No me gusta pero lo tolero
- No me gusta y no lo tolero

Gracias a la siguiente tabla es posible convertir las respuestas al cuestionario en la clasificación de los requerimientos de los clientes.

		Requerimientos disfuncionales				
Requerimientos funcionales		Me gusta	Es algo básico	Me da igual	No me gusta pero lo tolero	No me gusta y no lo tolero
	Me gusta	D	A	A	A	U
	Es algo básico	Inv.	I	I	I	O
	Me da igual	Inv.	I		I	O
	No me gusta pero lo tolero	Inv.	I	I	I	O
	No me gusta y no lo tolero	Inv.	Inv.	Inv.	Inv.	D

Tabla 3. Tabla de evaluación de Kano

La tabla presenta cinco categorías:

- **A: Atractivos:** La presencia de este requerimiento presenta una plus valía para el cliente, pero en cambio, su ausencia no generará insatisfacción,
- **U: Unidimensional:** Estos requerimientos producen una satisfacción que aumenta de modo aproximadamente proporcional al nivel de funcionalidad. A mayor funcionalidad, se observa mayor satisfacción,
- **O: Obligatorios:** Son los requerimientos que deben de estar presentes en el producto final, aumentan la satisfacción en relación directa con la funcionalidad,
- **D: Dudoso:** Las respuestas a esta pregunta no son coherentes y por lo tanto no deben de ser tratadas para el análisis del cuestionario,
- **Inv: Inversa:** Lo que la pregunta supone como funcional es percibido como no funcional por quien responde
- **I: Indiferencia:** La presencia o ausencia de este requerimiento es indiferente al cliente.

En general, en un producto final que ha sido elaborado gracias a este método, se encuentran las características O, U, A e I, con orden de prioridad O>U>A>I. Para clasificar los requerimientos con más precisión, se debe calcular la fuerza de cada uno haciendo la suma de las personas que los han clasificado como O, U y A. En el caso de que dos requerimientos hayan obtenido la misma puntuación, se pueden desempatar calculando los coeficientes de satisfacción e insatisfacción, que indican respectivamente el impacto de cada uno en términos de satisfacción o insatisfacción de los consumidores y el factor de ajuste que es la puntuación más elevada de los dos coeficientes. Estos cálculos aparecen en el Anexo III .

Tras estos cálculos se obtuvo la siguiente tabla:

Clasificación	Requerimiento		Nota
1	CR 23	Sistema compatible con las instalaciones actuales	U
2	CR 36	Apagado automático cuando la casa está vacía	A
3	CR 8	Intensidad luminosa variable según la intensidad de la luz natural	A
4	CR 7	Intensidad luminosa variable según la actividad del usuario	A
5	CR 24	Posibilidad de probar la solución antes de la compra	A
6	CR 4	Posibilidad de controlar la iluminación manualmente	A
7	CR 6	Intensidad luminosa variable según la hora del día	A
8	CR 33	Detección al nivel del umbral de la puerta	A
9	CR 14	Elementos inalámbricos	A
10	CR 10	Elementos activados según las actividades de los usuarios	A
11	CR 34	Control luminoso través del felpudo	A
12	CR 2	Sistema de control (interruptor, mando...) retro iluminado	A
13	CR 37	Información sobre el tiempo	I
14	CR 35	Ajuste luminoso al humor de los habitantes	I

Tabla 4. Clasificación de los requerimientos

En la cuarta parte del cuestionario, se preguntó sobre el tiempo que estaban dispuestos a emplear los usuarios a la hora de instalar un sistema de iluminación sin contacto en la entrada de sus casas. Se eligió considerar este área de la casa de acuerdo con la empresa Adeo, puesto que se trata de un lugar que está presente en todas las casas y en el que es posible instalar una solución simple, a diferencia del comedor o un cuarto por ejemplo, que necesitan una gama de escenas más complicadas. Gracias a las respuestas obtenidas, se concluyó que el tiempo de instalación no debía sobrepasar las 3 horas, el precio de debía superar los 100€ y la autonomía de las baterías de alimentación debía ser de 2 a 3 años.

Por último, se dejó un apartado para que los participantes pudiesen dar ideas de iluminación sin contacto. Muchos de ellos sugirieron la idea de la llave inalámbrica de los coches, que permiten al usuario abrir su coche a distancia. Se propuso la opción de adaptar esta idea a la iluminación de una casa.

3.3. Encuesta en la empresa Adeo

En función de los resultados del cuestionario Kano y de las ideas intercambiadas en la sesión de co-design, se imaginaron distintos tipos de sistema de iluminación. Con el objetivo de elegir una solución final, se organizó una encuesta en la empresa Adeo en la que se presentaron estas soluciones a través de dibujos.

La primera solución consistía en el apagado automático de las luces en el momento en el que la casa quedase vacía. Para hacer esto posible, la solución estudiada fue la instalación de un disyuntor conectado. El disyuntor conectado permite el control de

todos los aparatos eléctricos conectados en la casa. Existen varios niveles de licencia, y para el apagado automático de las luces se necesitaría una licencia superior. La comunicación entre los dispositivos y el disyuntor se puede hacer por Bluetooth a través del teléfono móvil u ordenador, por mensaje de texto o por llamada, introduciendo una tarjeta SIM en el disyuntor. El módulo es alimentado a 230V de la corriente principal, por lo que debe instalarse en el cuadro eléctrico y por una persona habilitada para trabajar con 230V.

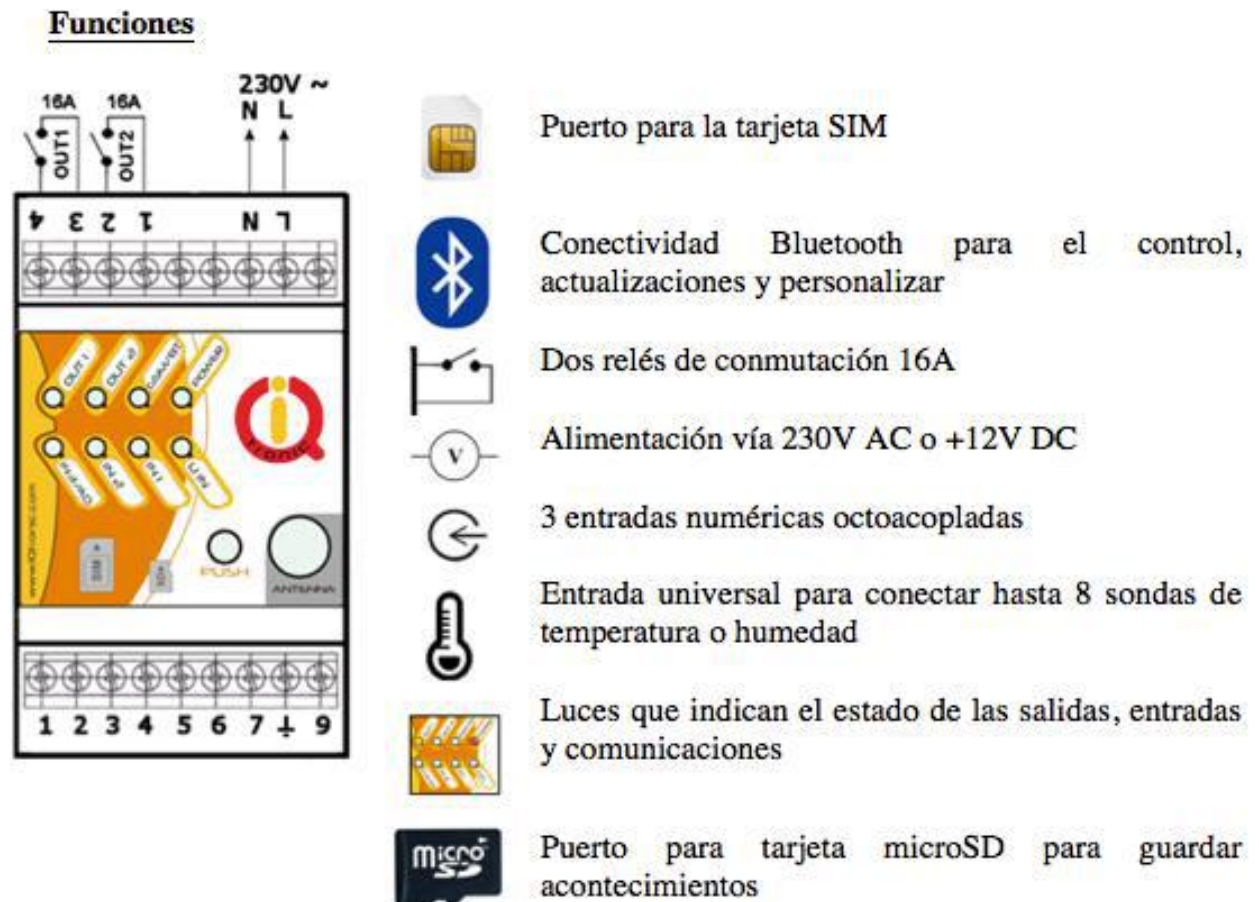


Figura 5. Disyuntor conectado

Otra solución presentada fue un indicador luminoso del tiempo. El objetivo de esta idea era informar a las personas que viven en una casa de las cosas que deberían coger antes de salir. Por ejemplo, si fuese a llover a lo largo del día, se iluminaría el paraguero o el perchero para indicar que debe cogerse el paraguas o el abrigo respectivamente. Para realizar esto se necesitaría una estación de tiempo, un protocolo de comunicación inalámbrico y bombillas que se encenderían cuando fuese necesario.

De la misma forma, se presentó un umbral de puerta inteligente que haría que las luces se encendiesen en el momento que alguien entrase en su casa. Para hacer esto, haría falta un detector de presencia conectado a las luces de la entrada. También podría realizarse esto a través del disyuntor conectado, pero la instalación es mucho más complicada y el precio mucho mayor.

Además otra idea fue un felpudo conectado, que permitiría controlar los diferentes puntos de iluminación apretando sobre el felpudo con los pies. Pare ello, se utilizaría un detector de presión que comunicaría con las lámparas. En un primer lugar, se quiso

realizar esta solución a través de un sensor piezoeléctrico. El principio de este sensor es crear una diferencia de potencial presionando sobre las dos caras de la pieza. De esta manera se produce una polarización que hace que haya un flujo de electrones y se creen chispas, convirtiéndose en corriente eléctrica que podría alimentar las lámparas.

La última solución expuesta fue una tarjeta que controlaría el alumbrado de los diferentes puntos de luz, desde el momento en el que un habitante se aproximase a la entrada de su casa. En cuanto a las tecnologías utilizadas, se necesitaría un detector de presencia y otro de proximidad, comunicando ambos con las luces.

También se contempló la idea de basarse en el principio de las tarjetas de hoteles, que permiten activar y desactivar la corriente de una habitación introduciéndolas en el soporte. Para ello, se necesitaría instalar un interruptor de tarjeta de acceso, de alcance 10 A, y un telerruptor TLc, que accionaría un único circuito de iluminación con pulsadores locales. Esta solución fue descartada debido a su complicación de instalación, a pesar de ello en la siguiente figura se presenta el esquema eléctrico de la solución. Se observa en el esquema siguiente también la presencia de dos interruptores magnetotérmicos Q1 y Q2.

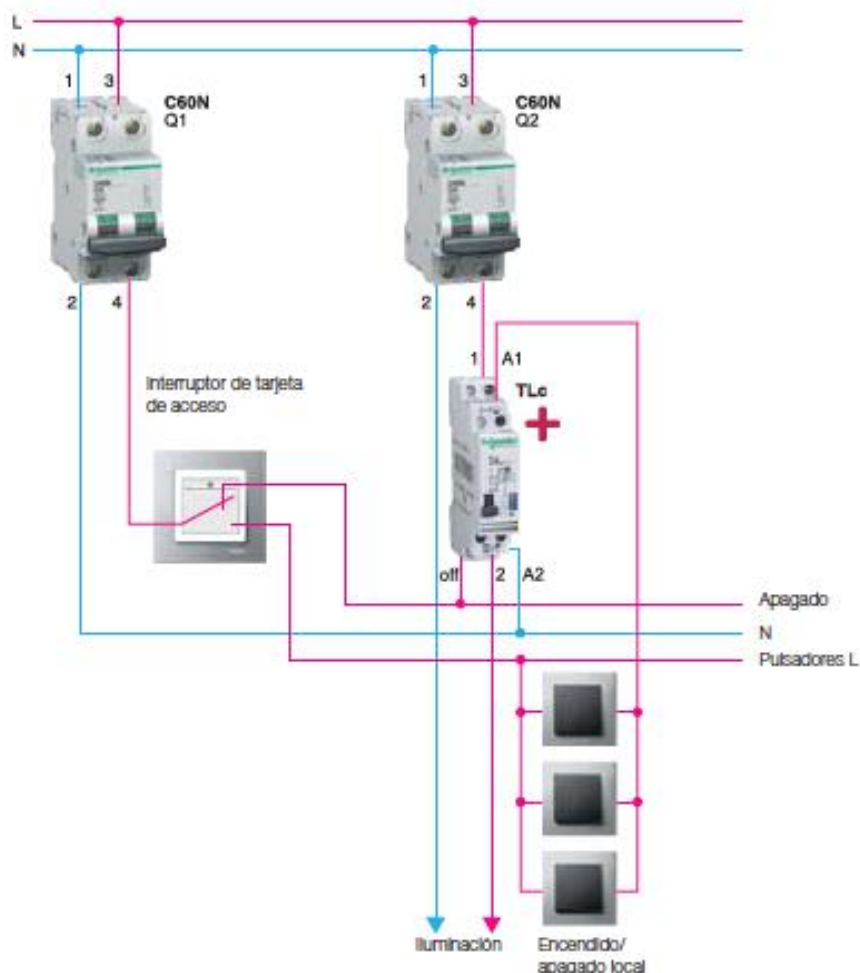


Figura 6. Esquema de eléctrico de la solución

Esta encuesta fue decisiva a la hora de tomar una decisión puesto que permitió eliminar dos de las soluciones presentadas, el felpudo conectado y el indicador luminoso del tiempo. Estas dos ideas fueron juzgadas como *gadget* y poco interesantes para cubrir las necesidades obtenidas en la primera parte del proyecto.

Se decidió por lo tanto, hacer un prototipo que combinase varias soluciones, el encendido automático de la entrada a través de una tarjeta y el apagado automático de todas las luces de la casa en el momento en el que esta quedase vacía.

Capítulo 4 EL PROTOTIPO

La segunda parte del proyecto se basó en la elaboración de un prototipo. Una vez bien determinadas las características del producto, se pudo comenzar esta etapa. El producto debía de ser distinto a las ofertas actuales del mercado, por lo tanto, innovador, intuitivo y que respondiese a las esperas del consumidor.

En un primer lugar se realizó un estudio de viabilidad del prototipo antes de comenzar con su elaboración. Se deseaba crear una solución que permitiese a la vez un encendido automático tras la detección de una tarjeta, pero también un apagado automático. Sin embargo, el coste de entrada para realizar el apagado automático era muy elevado y se decidió no seguir con esta idea.

De esta manera se conservó la idea de la tarjeta, proponiendo una solución “Caballo de Troya”. Se trata de una solución base que el usuario podría instalar en su casa y permitiría un control muy simple de la iluminación. Una vez convencido de la necesidad de la iluminación sin contacto, podría invertir en otros equipos complementarios más costosos para responder a sus necesidades. La solución propuesta tendría un precio de entrada asequible, una instalación fácil para todo tipo de cliente y evitaría el tener que instalar un sistema domótico, juzgado como costoso y de difícil instalación desde el principio.

4.1. Principio de funcionamiento del prototipo

Tras el análisis de los usos de las personas frente a la luz, se empezó a reflexionar sobre el funcionamiento del prototipo, que contendría varios componentes.

En un primer lugar, una tarjeta que el usuario podría instalar en su llavero que le permitiría no tener que interactuar con los interruptores. De este modo, en el momento que la persona se acercase a la puerta de entrada de la casa, la luz se encendería y se apagaría en cuanto la tarjeta dejase de ser detectada. Para la solución comercial, al contrario que en nuestro prototipo, el usuario tendría la posibilidad de poder encender o apagar la tarjeta de manera a no gastar la batería en el caso de que no se este utilizando. Además, gracias a este control, si una persona desea apagar la luz de una sala en la que esta presente sin ir hasta el interruptor, le bastaría con desactivar la tarjeta. De esta forma, la tarjeta no emitiría ninguna señal y la luz quedaría apagada hasta la reactivación de la tarjeta.

La detección de la tarjeta se aseguraría con la presencia de un módulo de detectores en la sala. Este último enviaría un mensaje por Bluetooth a un módulo de control para indicar la presencia de la tarjeta y encender la bombilla si el grado de luminosidad de la sala es insuficiente. El sensor luminoso, presente en el módulo de detectores, sería el responsable de determinar el numero de lux presentes en la sala y juzgar si la lámpara debería encenderse o no.

El módulo de control contendría un interruptor de tres posiciones:

- Posición automática: Permitiría al usuario interactuar con la luz gracias a su tarjeta.

- Posición ON: Permitiría volver al modo manual y encender la luz.
- Posición OFF: Permitiría apagar la luz en cualquier momento.

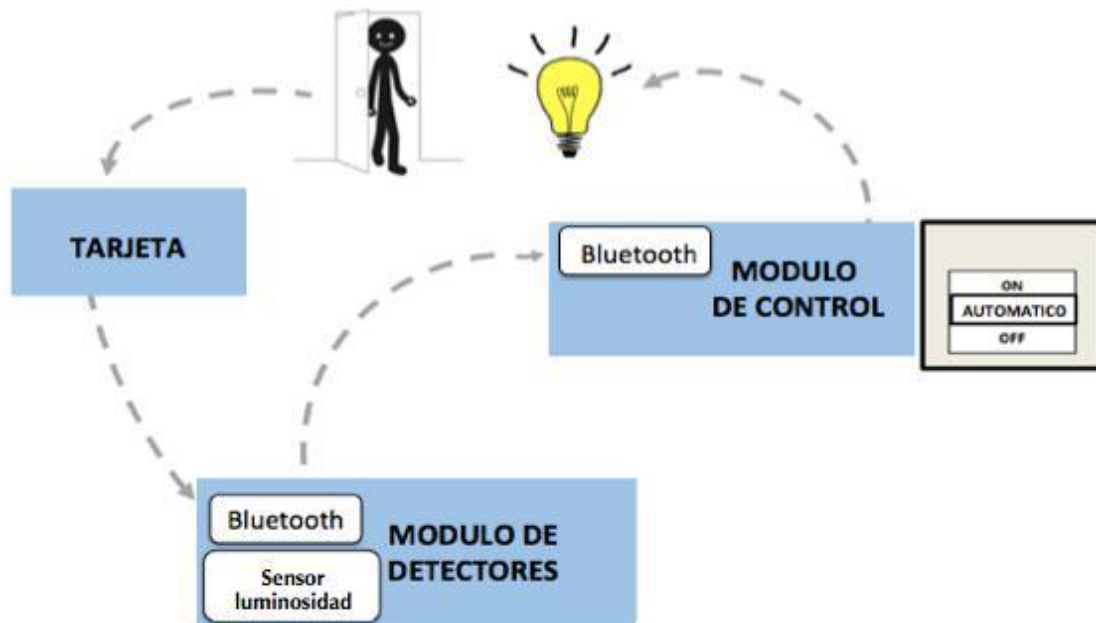


Figura 1. Esquema del principio de funcionamiento del prototipo

4.2. El objetivo de la solución y sus evoluciones

4.2.1. El objetivo de la solución

Como ya se había mencionado anteriormente, el objetivo del proyecto era concebir una solución que respondiese a las necesidades de los consumidores. Era por lo tanto, importante cubrir a la vez las necesidades implícitas, como encender y apagar la luz, pero también las necesidades explícitas, como por ejemplo, variar la intensidad luminosa. Tras haber realizado el cuestionario se concluyó que era imperativo que la solución fuese compatible con las instalaciones actuales de los usuarios y que se pudiese siempre volver al modo tradicional (manual) para poder controlar la iluminación de la casa.

A partir de esto, se pueden listar las siguientes características presentes en la solución:

- **Una solución sin contacto:** Se trata de la característica principal. En efecto, gracias al sistema de la tarjeta, el usuario no tiene la necesidad de tener que pulsar sobre los interruptores.
- **Un producto fiable:** Los consumidores quieren una solución fiable. Esto se puede asegurar, puesto que el prototipo utiliza tecnologías simples.
- **Un producto controlable:** Uno de los criterios indispensables para el consumidor era poder seguir controlando el sistema de iluminación en todo

momento. Por esta razón se elaboró un modo manual, que permitiría controlar el sistema de iluminación como un interruptor clásico.

- **Una solución abordable:** Para realizar el prototipo a grande escala, los componentes utilizados podrán ser miniaturizados, lo que hará disminuir considerablemente el precio final.
- **Una solución simple:** La simplicidad de instalación, de utilización y de evolución fueron determinadas como importantes para el cliente. De esta forma, la solución presenta una instalación simple. En efecto, el usuario solo tiene que enchufar el módulo de detectores a la red principal y cambiar el interruptor actual por el módulo de control que contiene un interruptor de tres posiciones: ON, OFF y AUTOMATICO. Además, la sencillez de utilización es evidente, puesto que, tras haber incluido la tarjeta en el llavero, por ejemplo, el usuario controlará su iluminación con su simple presencia en el momento en el que el modo automático este activo. Podrá siempre pasar al modo manual muy fácilmente accionando los botones ON y OFF del interruptor. Además el producto es evolutivo, es decir, que el consumidor puede instalar en su casa el equipo base (“Caballo de Troya”), y luego enriquecer este equipo añadiendo nuevos módulo.

4.2.2. Las posibles evoluciones de la solución

La solución siendo simple y asequible puede estar complementada añadiendo nuevos equipos y extendiendo la solución base a todas las salas de la casa de manera a crear escenas más complejas. Se presentan dos tipos de evolución:

- **Un evolución “horizontal”:** Una vez la entrada equipada de la solución propuesta, el consumidor podrá comprar el mismo pack (modulo de detectores, modulo de control) y equipar otra sala de la casa con esta tecnología. Al realizar esto no se aporta ninguna evolución tecnológica, simplemente permitirá poder encender las luces del resto de la casa de manera automática también. No se cambia el funcionamiento de la solución en el nivel de la entrada.
- **Una evolución “vertical”:** Otra evolución más tecnológica es posible. La solución presentada anteriormente utiliza un protocolo abierto (Bluetooth). De esta forma el añadir nuevos módulos de detectores es muy fácil. En un principio la solución presentaría un sensor de luminosidad, pero se le puede añadir un sensor de temperatura que cambiaría la temperatura del color de la luz de la lámpara, en función de la temperatura interior, o un reloj que, en función de la hora del día, cambiaría también el color de la luz. El cliente podrá comprar módulos que se conectarían al módulo de control a través de un simple emparejamiento. Además, también se podría realizar una aplicación de móvil que permitiría realizar escenarios muy simples, como simulaciones de presencia. El teléfono móvil enviaría a su vez, informaciones al módulo de detectores vía Bluetooth. Esto se explica más en detalle en el Capítulo 6.

La solución es evolutiva, el usuario en un primer lugar compraría el kit base, que contiene varias tarjetas, un módulo de detectores y un módulo de control. Si se instala una aplicación móvil, podrá crear escenas simples en su casa. Para realizar escenas más complejas, deberá invertir en un sistema domótico y para su instalación pedir un

servicio de profesionales. En el futuro, podrá añadir otros equipos conectados, sería un primer paso hacia la casa inteligente.

El módulo de detectores sería un sustituyente de un “mini” sistema domótico, como una centralita. En efecto, capta la información que viene de los diferentes detectores con el fin de tomar la decisión de apagar o encender las luces. Esto permitiría tener las ventajas de un sistema domótico, a través de todos los detectores, sin tener las desventajas de este, como el precio o la complejidad de instalación.

4.3. Su competencia, sus ventajas y desventajas del mercado

4.3.1. Su competencia

Las principales competencias del producto son las siguientes:

- **El mando:** Hoy en día, los usuarios pueden controlar la iluminación a través de un mando. La ventaja principal frente a esta solución es que gracias a la tarjeta del prototipo, el usuario no tiene que intervenir para que la luz se encienda, su simple presencia basta. Además no habrá problemas de no encontrar el mando ya que la tarjeta estaría acoplada al llavero o en una pulsera.
- **El detector de presencia:** En el momento que el detector de presencia capta un movimiento, la luz se enciende y al mismo tiempo se inicia un temporizador. Una vez el tiempo programado transcurrido, la luz se apaga si no se detecta ningún otro movimiento. La solución propuesta presenta tres ventajas frente al detector de presencia. En primer lugar, solo los usuarios poseedores de la tarjeta podrán controlar la iluminación. De esta forma, por ejemplo, los animales no provocarían un encendido indeseado de la luz al contrario que con el detector de presencia. En segundo lugar, el detector presenta ángulos muertos en los que no detecta ningún movimiento, y esto no ocurrirá con el sistema de tarjetas. Y por último, las tarjetas presentan más precisión que el temporizador del detector de presencia, porque el módulo de detectores detectaría de forma inmediata la no presencia de la tarjeta, apagando de esta forma las luces, o la presencia de la tarjeta aunque el usuario este inmóvil y esto evitaría el apagado de las luces cuando sigue habiendo alguien en la sala, a diferencia del detector de presencia que no puede mantener la luz encendida si la persona está inmóvil un tiempo superior al programado en el temporizador.

4.3.2. Ventajas y desventajas

A continuación se presentan las ventajas e inconvenientes de la solución presentada.

- **Ventajas:**
 - **Precio asequible:** Los consumidores no desean invertir mas de 100€ para equipar una sala de su casa con un sistema de iluminación sin contacto. El precio total del prototipo realizado es de 187,44€ en total. El cálculo viene detallado en el Anexo IV. De todas formas, el precio la producción de un kit será inferior para el grupo Adeo porque los componentes utilizados podrán ser miniaturizados y la empresa podrá beneficiarse de rebajas comprando grandes cantidades (al por mayor).

- **Facilidad de instalación:** En la solución “Caballo de Troya”, el usuario solo tendrá que enchufar el módulo de detectores a la corriente principal y cambiar el interruptor. El cambio de interruptor puede parecer algo complicado, pero es realizable por todo el mundo siguiendo las instrucciones y pasos de un tutorial propuesto en la página web de la empresa.
 - **Facilidad de utilización:** Las tarjetas permiten al usuario no tener que interactuar con la luz. En este sentido, el uso se convierte en algo muy sencillo. Además, en modo manual el interruptor se convierte en un interruptor clásico.
 - **Fácil evolución:** Como ya se ha detallado en la parte anterior, el usuario puede hacer que la solución evolucione para adaptarla a sus necesidades, ya sea comprando equipos complementarios o instalando otros kits tarjeta-módulo de detectores-módulo de control.
 - **Sistema domótico no necesario:** En efecto, desde la compra del “Caballo de Troya” hasta una evolución que sea relativamente importante, no habrá necesidad de este sistema.
- **Desventajas:**
 - **Importancia de la tarjeta:** En efecto, todo el sistema depende de la presencia de la tarjeta. En el caso de olvido de la tarjeta, el sistema dejaría de funcionar.
 - **Autonomía de la pila de la tarjeta:** El usuario deberá cambiar la pila de la tarjeta en cuanto se acabe.
 - **Desactivación del modo manual:** Si se activa el modo manual, el usuario deberá manualmente, volver a poner el modo automático para que el sistema funcione son contacto.
 - **Instalación de un nuevo interruptor:** Los usuarios deberán cambiar los interruptores de las luces que quieran controlar.

4.4. Elementos presentes en el prototipo

Para la realización del prototipo se eligió el Arduino que es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios. El microcontrolador puede ser programado para analizar y producir señales eléctricas con el fin de efectuar distintas tareas, como la domótica o el control de un robot. Por esta razón se seleccionó el Arduino para controlar la iluminación.

Existen varios tipos de Arduino de distintas medidas. Para la realización del prototipo se seleccionaron el Arduino Uno y el Arduino Nano, siendo este último una miniaturización del Uno.



Figura 7. Arduino Uno



Figura 8. Arduino Nano

Características técnicas:

Microcontrolador	Atmega 328
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada (Recomendado)	7 - 12V
Voltaje de entrada (Límite)	6 – 20V
Pines para entrada-salida digital	14 (6 pueden usarse como salida de PWM)
Pines de entrada analógica	6
Corriente continua por pin IO	40 mA
Corriente continua en el pin 3.3V	50 mA
Memoria Flash	32 KB (0,5 KB ocupados por el bootloader)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Frecuencia de reloj	16 MHz

Tabla 5. Características técnicas de los Arduinos

El Arduino tiene 14 pines que pueden ser utilizados como salida o entrada y a los que se pueden conectar cualquier tipo de dispositivo que sea capaz de enviar o recibir entradas digitales de 0 y 5 V.

También dispone de entradas y salidas analógicas a través las cuales se pueden obtener datos de sensores en forma de variaciones continuas de un voltaje.

El Arduino se puede alimentar a través de un cable USB o una fuente de alimentación externa, como por ejemplo una pila de 9V o un pequeño transformador, siempre siguiendo los límites de voltaje recomendados que aparecen en la tabla superior.

Para controlar la iluminación con el sistema diseñado, no bastaba solo con solo un Arduino. En efecto, el Arduino no posee inicialmente ninguna función que permita una comunicación a distancia. Por esta razón, se le añadieron uno o varios módulos, dependiendo de la escena deseada, pero todos debían ser compatibles con el Arduino. Se trata de una tecnología 0-5V, por lo tanto se aseguró que el resto de módulos no tuviesen que ser alimentados a 220V.

De esta manera, se añadió a uno de los dos Arduinos un relé electromecánico, que es un órgano eléctrico que permite disociar la parte potencia de la parte control. Permitiendo gestionar la apertura/cierre de un circuito eléctrico por otro circuito completamente aislado y pudiendo tener propiedades diferentes.

Se utilizó un módulo Bluetooth para comunicar entre los diferentes componentes del prototipo. El módulo Bluetooth elegido fue el HC-05, es específico para los Arduinos y puede encajarse directamente sobre el relé. Este módulo Bluetooth se basa en el modo de operación maestro/esclavo. Además la comunicación a través de Bluetooth permite utilizar un lenguaje abierto y de esta forma permitir la comunicación con otros equipos que se conecten más tarde.

A continuación se presentan todos los elementos necesarios para el prototipo detallando su papel y los componentes que los constituyen.

- **Tarjeta:**

- **Tarjeta beacon.** Función: Emitir ondas vía Bluetooth cada 2-3 segundos para que el módulo de detectores las capte.
- **Conector pila botón.** Función: Alimentar la tarjeta.
- **Pila botón.** Función: Introducirse en el conector.



Figura 9. Componentes electrónicos de la tarjeta

- **Módulo de detectores:**

- **Tarjeta Bluetooth HC-05.** Función: Detectar la presencia de la tarjeta y recoger la información proporcionada por el sensor de luminosidad, para más tarde comunicar con el módulo de control.
- **Arduino Uno.** Función: Formular el control de encendido o apagado de la lámpara y transmitirlo a la tarjeta Bluetooth.
- **Sensor fotoeléctrico.** Función: Captar la luminosidad en el ambiente.

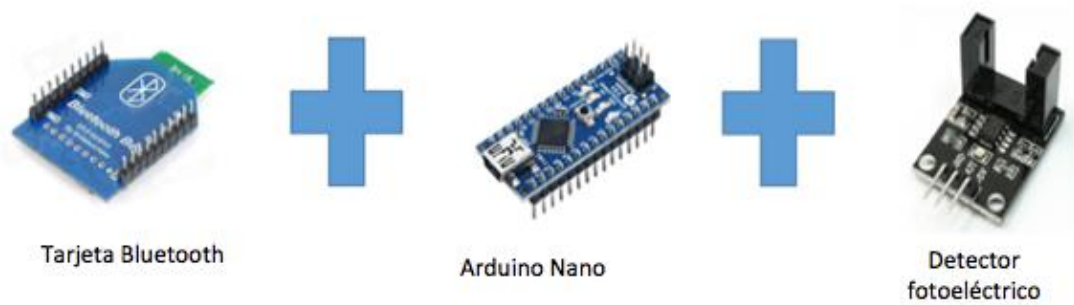


Figura 10. Componentes electrónicos del módulo de detectores

- **Módulo de control:**

- **Interruptor de tres posiciones** (ON, OFF, Automático)
 - o ON: La luz se enciende (encendido forzado)
 - o OFF: La luz se apaga (apagado forzado)
 - o Automático: El encendido o apagado es automático y desencadenados por la detección de la tarjeta
- **Tarjeta Bluetooth HC-05.** Función: Recibir el mensaje emitido por la tarjeta Bluetooth del módulo de detectores.
- **Arduino Uno.** Función: Enviar la información de control al relé
- **Relé Shield Arduino.** Función:
 - o Encender o apagar la luz
 - o Detalles técnicos: Controlado por 5V, soporta 5A y 220V (corriente alterna). Alimentado a 12V.

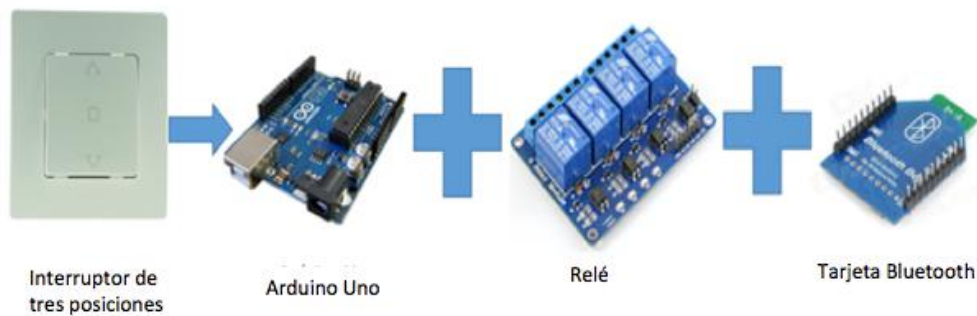


Figura 11. Componentes electrónicos del módulo de control

En el prototipo se situó el sensor fotoeléctrico sobre el módulo de detectores por razones prácticas, para que estuviese directamente conectado al Arduino y no tener que añadir otra tarjeta Bluetooth que transmitiese la información al módulo de detectores. Pero en la solución comercial el sensor fotoeléctrico será inalámbrico y podrá situarse donde el usuario juzgue que sea mas apropiado, será por lo tanto nómada.

Como síntesis, el prototipo funciona de la siguiente manera, la tarjeta notifica cada 2-3 segundos a su alrededor su presencia. El módulo de detectores escanea en permanencia a su alrededor esperando a detectar la tarjeta. En el momento que la tarjeta es detectada, el módulo de detectores envía vía Bluetooth al módulo de control la información de la presencia de la tarjeta y de la intensidad luminosa ambiente. El módulo de control

enviará, en función de la información obtenida a través del módulo de detectores y del modo en el que este (automático o manual), el orden de encender o no la luz gracias al relé.

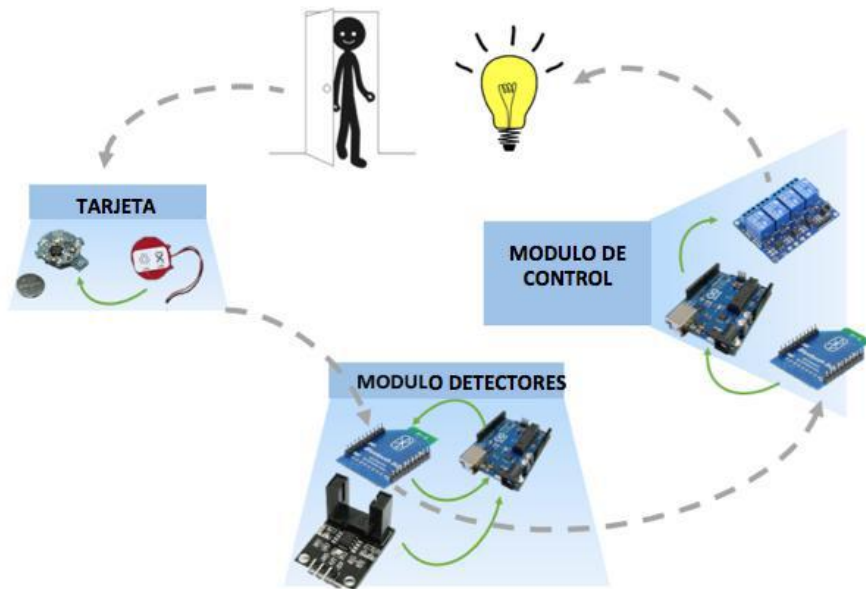


Figura 12. Principio de funcionamiento del prototipo con los componentes detallados

4.5. Elaboración del prototipo y los límites de su funcionamiento

4.5.1. Elaboración

En un primer lugar se trabajó e hizo pruebas con las diferentes funciones del interruptor. Gracias a las tres posiciones de este y del sensor fotoeléctrico, se programó el funcionamiento automático del interruptor en el lenguaje C++. Las posiciones extremas del interruptor permiten encender y apagar la luz, independientemente de la luminosidad exterior y de la presencia o no de la tarjeta. La posición central corresponde al modo automático cuyo funcionamiento ha sido explicado en el apartado anterior. El código de esta programación se encuentra en el Anexo V.

La descripción técnica de comunicación entre elementos es la siguiente:

- **Tarjeta-Módulo de detectores**

De manera a ganar tiempo de ejecución, la conexión Bluetooth entre la tarjeta y el módulo de detectores no se hará. Se utilizó en su lugar, una función de escaneo del módulo Bluetooth permitiendo, sin conexión, obtener la dirección de todos los dispositivos Bluetooth cercanos y de esta forma detectar la dirección MAC de las tarjetas. En este punto, el módulo de detectores tiene que conocer con anterioridad las direcciones MAC de las tarjetas. Por lo tanto, en el momento de la instalación habrá que emparejar estos módulos para saber que tarjetas están autorizadas y cuales no.

- **Módulo de detectores-Módulo de control**

La comunicación entre el módulo de detectores y el módulo de control necesita más que una simple detección de presencia, el emparejamiento deberá establecerse entre los dos módulos.

Para más precisión, se presentan los UML (Unified Modeling Language) simplificados de la solución.

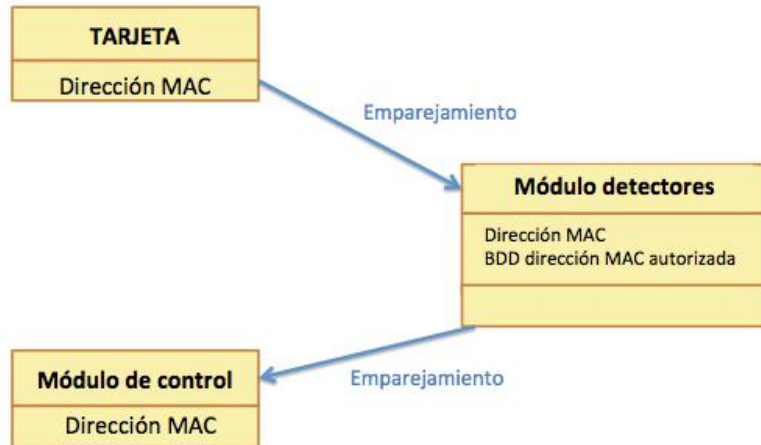


Figura 13. UML del prototipo

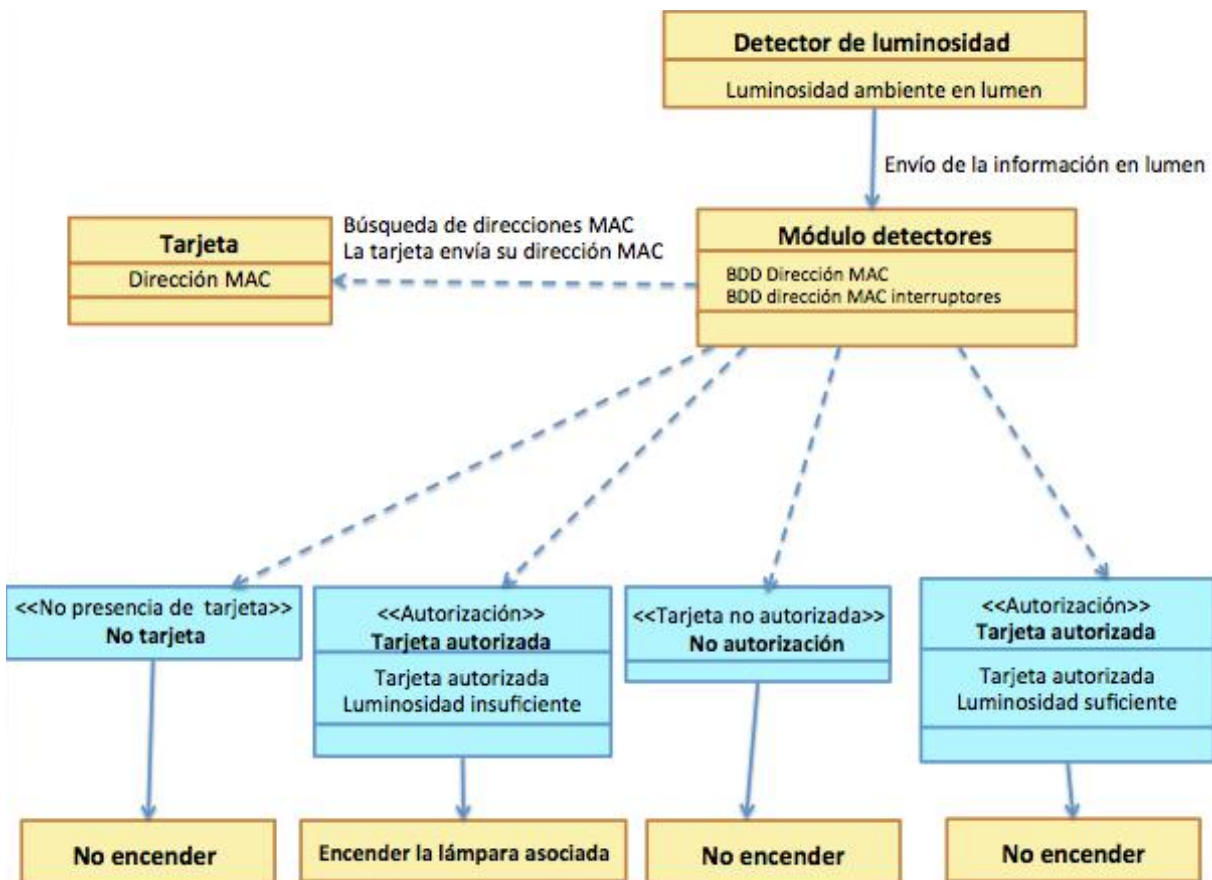


Figura 14. UML del prototipo con interruptor

4.5.2. Mejoras y límites del prototipo

El prototipo funcional puede ser mejorado en varios aspectos que se expondrán a continuación, esto permitirá que disminuya el precio del sistema y optimizar su funcionamiento.

- **Mejoras**

- El protocolo Bluetooth utilizado para la comunicación entre la tarjeta, el módulo de detectores y el módulo de control, no es el más económico en términos de energía. Se trata del Bluetooth 2.0 y utilizando el 4.0, llamado “low energy”, el sistema consumiría mucho menos y la autonomía de la tarjeta sería de esta forma mucho mayor.
- Las tarjetas Arduino utilizadas no son una solución definitiva pero mas bien una solución de prototipado. Las operaciones efectuadas también pueden hacerse con un microcontrolador más pequeño, más simple, menos caro y que consuma menos energía.

- **Los límites**

- Un tiempo de espera de tres segundos máximo podría ocurrir con el fin de que el módulo de detectores capte la señal de la tarjeta. Esto se debería a la frecuencia aleatoria de detección de la tarjeta por el módulo de detectores. Sin embargo, este tiempo sería insuficiente.
- En el caso de escenas que contengan varios módulos de detectores, el tiempo entre las dos etapas no sería instantáneo. No obstante, hay que resaltar que este tiempo está intrínseco en el sistema domótico y ninguna solución actual propone escenas realizadas en todo momento de manera instantánea.
- Si las paredes de la casa son muy espesas, reconocer una tarjeta será más complicado debido a la dificultad que tendrán las ondas para propagarse.
- Como todo sistema sin cables, los problemas de las transmisiones de ondas pueden aparecer. De esta manera, en ciertos momentos, puede haber fallos de transmisión en el orden de control. Hay que ser conscientes de que todos los sistemas inalámbricos presentan este inconveniente y que es poco probable a la hora de utilizarlos.

Capítulo 5 EVOLUCIÓN DEL PROTOTIPO

Como ya se mencionó anteriormente, uno de los objetivos del proyecto era crear algo sencillo que se adaptase a todos los usuarios. Por esta razón, se decidió optar por una opción simple que serviría de “Caballo de Troya”. De esta manera, los usuarios tendrían un primer contacto con la solución inalámbrica, introduciéndose en el mundo de la iluminación sin contacto. La idea sería que los usuarios fuesen añadiendo módulos al kit base, para poder controlar la iluminación o incluso cualquier sistema, como por ejemplo, las persianas, calefacción, etc.; de una manera que jamás se habrían planteado.

5.1 Evoluciones más avanzadas

Gracias a que todas las comunicaciones se hacen vía Bluetooth el poder añadir nuevos módulos se convierte en algo bastante simple, como ya se ha mencionado anteriormente.

En primer lugar, se podría añadir un portalámparas a la lámpara LED para poder variar la intensidad, la temperatura o el color de la luz.

Además, en una escala más global se podría añadir tantos detectores como se deseen de manera que comuniquen entre ellos vía Bluetooth y tener un control más extenso la vivienda. O de la misma manera, tecnologías de aprendizaje instalando un sistema domótico que comunicaría de igual forma con la solución de kit básico.

5.2 Control a través de teléfono móvil

La tarjeta siempre se podrá sustituir por una aplicación de teléfono móvil, que conectaría en el resto de dispositivos de la misma manera, vía Bluetooth.

La idea de esta aplicación es el poder controlar toda la iluminación a través del teléfono. A continuación se muestra el menú principal de la aplicación y se explica cada opción posible. Además, en el Anexo VI se presenta la aplicación de móvil completa.



Figura 15. Menú principal de la aplicación móvil

- **Mis equipos**

Al pulsar en esta opción, aparece un menú con todos los equipos conectados al sistema vía Bluetooth. Como por ejemplo, las bombillas, tarjetas, antena, sensores o equipos conectados entre otros. Pulsando sobre ellos se pueden activar y desactivar, modificarlos y eliminarlos. Además siempre está la opción de poder añadir nuevos equipos.

- **Mis escenas**

Seleccionando esta opción, aparece de igual forma un menú listando todas la escenas ya existentes que pueden ser modificadas y también se pueden crear nuevas. La programación de las escenas es simple y se hace en un menú en el que se van añadiendo el horario, la intensidad y el color de la luz deseadas para ese momento del día y en la sala elegida.

- **Simulación de presencia**

El principio de funcionamiento de la opción *Simulación de presencia* es muy similar al explicado anteriormente de *Mis escenas*. Para poder entender mejor este principio se presenta a continuación la opción que permite crear este tipo de situaciones.



Figura 16. Crear una escena o simulación de presencia

- **Variación intensidad instantánea**

Esta opción permite una variación inmediata de la intensidad, puesto que en muchas ocasiones se puede desear hacer variar una lámpara en concreto solo en ese instante preciso. Para ello, se debe seleccionar la lámpara de que se quiere hacer variar su intensidad y elegir el nivel de intensidad.

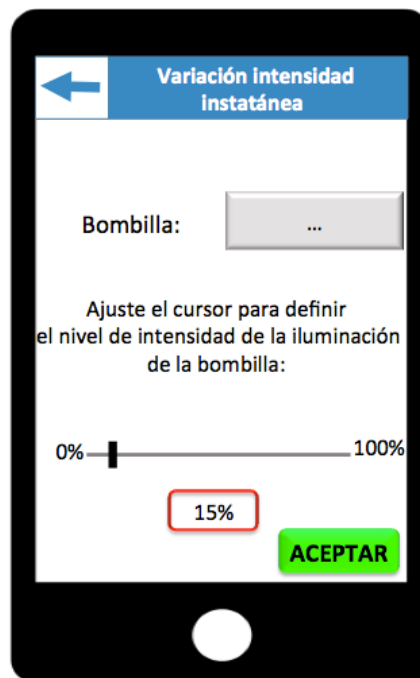


Figura 17. Variación inmediata de intensidad

Capítulo 6 CONCLUSIÓN

A lo largo de este proyecto se han realizado distintas etapas necesarias para la elaboración de un prototipo y más tarde un producto final comercializable.

En primer lugar se realizó un exhaustivo estudio de los usos en términos de luz, una vez identificados de manera precisa los irritantes y los criterios de máxima importancia para los usuarios, se pasó a la reflexión de los componentes necesarios para crear más tarde el prototipo.

Por lo tanto, se ha elaborado para el grupo Adeo una solución que cumple con los objetivos fijados en un principio, a través de los estudios cualitativo y cuantitativo. Se trata de la idea de un producto de fácil utilización e instalación para todos, lo que responde con las exigencias de los consumidores.

Además, la solución evita tener que adquirir un sistema domótico, que sigue siendo de momento indispensable para poder tener una iluminación sin contacto en las casas. Igualmente, la compra del kit básico podría empujar a los usuarios que lo desearan a invertir en tecnologías más costosas para completar sus soluciones de iluminación de manera a responder a sus necesidades. Se trata, por lo tanto, de un producto que tiene cabida en el mercado actual.

Con el fin de lanzar el producto al mercado se recomienda realizar pruebas con usuarios potenciales. El objetivo de esto sería medir el nivel de comprensión de los usuarios observando como utilizan e instalan el producto. De esta forma se recogería los disfuncionamientos o los ejes de mejora del prototipo, en los cuales el equipo técnico podría trabajar para optimizar la solución final.

De la misma forma, el diseño de la solución fue inicializado por dos diseñadores de la empresa Adeo, Antoine Gassion y Camille Guillet, pero deberá de ser finalizado. El diseño deberá ser atractivo y resaltando la simplicidad de instalación y utilización del sistema.

Además debería incluirse unas instrucciones claras, a través de esquemas por ejemplo, explicando las etapas de instalación, los modos de utilización y la posibilidad de poder completar el kit básico con otros equipos.

Por último, el personal de la tienda tendrá que ser instruido e informado del nuevo producto para poder responder a posibles preguntas del cliente y poder servir de guía a la hora de la compra del producto.

Bibliografía y referencias

- [1] NEXIA “Your partner for Led technology”.
<http://www.nexia.es/es/beneficios-del-led>
 - [2] CCM High Tech.
<http://es.ccm.net/contents/69-como-funciona-bluetooth>
 - [3] DOMOTIQUE INFO.
<http://www.domotique-info.fr/technologies-domotique/zwave/>
 - [4] Z-WAVE España
http://zwave.es/index.php?route=information/information&information_id=4
 - [5] EnOcean
<https://www.enocean.com/en/>
 - [6] Zigbee alliance
<http://www.zigbee.org>
 - [7] “La domótica como solución de futuro”
<http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/la-domotica-como-solucion-de-futuro-fenercom.pdf>
 - [8] Planète Domotique
<http://www.planete-domotique.com/boitier-rail-din-pilotable-par-gsm-et-bluetooth-avec-detection-de-coupure-de-courant-iqconbox-mobile-iqtronic.html>
- [RODR14] M. C. Rodriguez, MKTMA-EI21UE – Product and design innovation

Anexo I Guión de las entrevistas individuales

Buenos días, me llamo ... y soy estudiante de ... Trabajo actualmente en un proyecto de co-diseño sobre la iluminación inalámbrica. El objetivo de esta entrevista es entender su uso, sus deseos y necesidades en términos de luz.

Le agradezco el tiempo que me está dedicando, la entrevista durará aproximadamente 30 minutos y será grabada integralmente con el fin de poder analizarla correctamente. La entrevista será completamente anónima a la hora de presentar los resultados.

Preguntas generales

1. Sexo del entrevistado
2. ¿Cuál es su edad?
3. ¿Cuál es su profesión?

Soluciones actuales

4. ¿Qué soluciones de iluminación tiene usted instaladas en su casa?
5. ¿Cuál es la utilidad de cada una de ellas?
6. Podría describir un día tipo en su casa et detallar las situaciones en las que utiliza la luz? (¿Cómo es esa luz? ¿Por qué la elección de esa luz? ¿Qué piensa de esa solución? etc.)
7. ¿Cómo adaptaría sus soluciones a cada momento del día? (Mañana, tarde, noche, etc.)

Necesidades

8. ¿Qué es lo que más le gusta de sus soluciones actuales?
9. ¿Qué es lo que más le disgusta de ellas?
10. Describa cómo podría la iluminación adaptarse a cada uno de los momentos de un día.
11. ¿Cuáles son los criterios más importantes para usted cuando compra una solución luminosa?

Conclusión

12. ¿Qué piensa de la iluminación sin contacto?
13. ¿Qué piensa de las soluciones actuales de iluminación sin contacto que conoce? (Ventajas e inconvenientes)
14. ¿Qué podría convencerle a la hora de instalar una solución sin contacto en su casa?
15. Al contrario, ¿qué podría no convencerle de hacerlo?
16. ¿Estaría dispuesto a invertir más para reemplazar su iluminación actual por una sin contacto que se adaptase a sus necesidades?
17. ¿Existe algún punto que no hayamos mencionado del que le gustaría comentar algo?

Anexo II Cuestionario Kano



Default Question Block

Hola,

Somos un grupo de estudiantes y estamos trabajando en un proyecto de fin de carrera, sobre las soluciones de iluminación interior y nos gustaría saber vuestra opinión al respecto. El cuestionario es anónimo y durará aproximadamente 10 minutos.

Muchas gracias por vuestras respuestas, que nos serán de gran ayuda.

Sexo:

- Masculino
- Femenino

Edad:

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Indique su edad utilizando el cursor:

A horizontal slider control for age. The scale ranges from 0 to 100 with major tick marks every 10 units. A vertical line with a grey handle is positioned at the 0 mark, indicating the selected age.

El estudio es sobre la iluminación interior de las casas.

Indique su reacción, cuando cada una de las características listadas están **presentes** o **ausentes**.

	Me gusta	Es algo básico	Me da igual	No me gusta, pero lo tolero	No me gusta y no lo tolero
1.1. Si tiene la posibilidad de controlar su iluminación manualmente, ¿qué piensa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1.1. Si no tiene la posibilidad de controlar su iluminación manualmente, ¿qué piensa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.1. Si el sistema de control (interruptor, mando) es visible por la noche, ¿qué piensa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.1. Si el sistema de control (interruptor, mando) no es visible por la noche, ¿qué piensa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3.1. Si su iluminación es inalámbrica, ¿qué piensa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3.1. Si su iluminación no es inalámbrica, ¿qué piensa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4.1. Si la intensidad luminosa de su iluminación varia según la luminosidad externa ¿qué piensa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4.1. Si la intensidad luminosa de su iluminación no varia según la luminosidad externa ¿qué piensa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5.1. Si la intensidad luminosa de su iluminación varia según la actividad realizada ¿qué piensa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5.1. Si la intensidad luminosa de su iluminación no varia según la actividad realizada ¿qué piensa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6.1. Si la iluminación se activa automáticamente según las actividades realizadas, ¿qué piensa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6.2. Si la iluminación no se activa automáticamente según las actividades realizadas, ¿qué piensa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7.1. Si instala en su casa un nuevo sistema de control de iluminación que es con sus instalaciones actuales, ¿qué piensa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7.2. Si instala en su casa un nuevo sistema de control de iluminación que no es con sus instalaciones actuales, ¿qué piensa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8.1. Si tiene la posibilidad de experimentar, en tienda, una nueva manera de interactuar con la iluminación, ¿qué piensa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8.2. Si no tiene la posibilidad de experimentar, en tienda, una nueva manera de interactuar con la iluminación, ¿qué piensa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Vamos a centrarnos en la iluminación ideal en la entrada de la casa.

Indique su reacción, cuando cada una de las características listadas están **presentes** o **ausentes**.

	Me gusta	Es algo básico	Me da igual	No me gusta, pero lo tolero	No me gusta y no lo tolero
9.1. Si cuando entra en su casa, la luz se enciende en el momento que pasa por la puerta, ¿qué piensa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9.2. Si cuando entra en su casa, la luz no se enciende en el momento que pasa por la puerta, ¿qué piensa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10.1. Si cuando entra en su casa, la luz se enciende poniendo el pie en el felpudo, ¿qué piensa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10.2. Si cuando entra en su casa, la luz no se enciende poniendo el pie en el felpudo, ¿qué piensa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11.1. Si la temperatura de la luz se adapta a su humor, ¿qué piensa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11.2. Si la temperatura de la luz no se adapta a su humor, ¿qué piensa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12.1. Si al salir de casa, quedando esta vacía, todas las luces se apagan automáticamente , ¿qué piensa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12.2. Si al salir de casa, quedando esta vacía, todas las luces no se apagan automáticamente , ¿qué piensa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
13.1. Si la iluminación le informa del tiempo exterior, ¿qué piensa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
13.2. Si la iluminación no le informa del tiempo exterior, ¿qué piensa?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Imagine que instala en su casa una solución de iluminación inalámbrica. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a invertir en la instalación de esta? (en horas)



Imagine que instala en su casa una solución de iluminación inalámbrica. ¿Cuál deberá ser la duración mínima de autonomía de la batería de los equipos instalados?

- Menos de 6 meses
- 6 meses -1 año
- 2 años
- 3 años
- 4 años
- Más de 4 años

¿Cuál es el precio máximo que estaría dispuesto a pagar para equipar su entrada con una nueva solución de iluminación inalámbrica? (en euros)



Ayúdenos a elaborar la iluminación ideal para la entrada de su casa

¿Tiene alguna idea de elementos que podría instalar en su entrada para controlar la iluminación?

Imagine, por ejemplo, que llega con las manos ocupadas.

¿Tiene alguna sugerencia?

¡Gracias por sus respuestas!

Anexo III Análisis del cuestionario

Don - de ?		Título	A	O	U	Inv	D	I	TOTAL	NOT A	Fuerza (A+O+U)	Coefficiente de satisfacción (A+U)/(A+U+O+I)	Coefficient de insatisfacción (U+O)/(A+U+O+I)	Factor de ajuste
DANS LA MAISON	CR4	Posibilidad de controlar la iluminación manualmente	139 33%	124 30%	51 12%	11 3%	3 1%	88 21%	416 100%	A	75%	0,472636816	0,435323383	0,472636816
	CR2	Sistema de control retro iluminado	158 38%	9 2%	39 9%	90 22%	2 0%	118 28%	416 100%	A	50%	0,608024691	0,148148148	0,608024691
	CR14	Elementos inalámbricos	246 59%	3 1%	30 7%	14 3%	3 1%	120 29%	416 100%	A	67%	0,691729323	0,082706767	0,082706767
	CR6	Intensidad luminosa variable según la hora del día	272 65%	2 0%	28 7%	34 8%	2 0%	78 19%	416 100%	A	73%	0,789473684	0,078947368	0,789473684
	CR7	Intensidad luminosa variable según la actividad del usuario	292 70%	7 2%	41 10%	19 5%	5 1%	52 13%	416 100%	A	82%	0,849489796	0,12244898	0,849489796
	CR8	Intensidad luminosa variable según la intensidad de la luz natural	295 71%	4 1%	46 11%	13 3%	2 0%	56 13%	416 100%	A	83%	0,850374065	0,124688279	0,850374065

	CR10	Elementos activados según las actividades de los usuarios	238 57%	4 1%	18 4%	70 17%	4 1%	82 20%	416 100%	A	63%	0,748538012	0,064327485	0,748538012
	CR23	Sistema compatible con las instalaciones actuales	90 22%	50 12%	224 54%	7 2%	4 1%	41 10%	416 100%	O	88%	0,775308642	0,67654321	0,775308642
	CR24	Posibilidad de probar la solución antes de la compra	217 52%	26 6%	99 24%	4 1%	4 1%	66 16%	416 100%	A	82%	0,774509804	0,306372549	0,774509804
ENTREE	CR33	Detección al nivel del umbral de la puerta	254 61%	5 1%	34 8%	57 14%	0 0%	66 16%	416 100%	A	70%	0,802228412	0,108635097	0,802228412
	CR34	Control luminoso través del felpudo	205 49%	3 1%	15 4%	68 16%	1 0%	124 30%	416 100%	A	54%	0,634005764	0,051873199	0,634005764
	CR35	Ajuste luminoso al humor de los habitantes	118 28%	0 0%	8 2%	116 28%	2 0%	172 41%	416 100%	I	30%	0,422818792	0,026845638	0,422818792
	CR36	Apagado automático cuando la casa está vacía	252 61%	5 1%	120 29%	18 4%	1 0%	20 5%	416 100%	A	91%	0,937027708	0,314861461	0,937027708
	CR37	Información sobre el tiempo	182 44%	0 0%	8 2%	36 9%	1 0%	189 45%	416 100%	I	46%	0,501319261	0,021108179	0,501319261

Anexo IV Detalles precio del prototipo

COSTE DE LOS ELEMENTOS DEL PROTOTIPO	
Tarjeta	
Tarjeta Beacon	34,99€
Conector de pila botón	8,99€
TOTAL	43,98€
Módulo de detectores	
Arduino nano	31,99€
Tarjeta Bluetooth HC-05	20,00€
Adaptador, foca 2.2	12,45€
Detector fotoeléctrico	2,50€
TOTAL	66,94€
Módulo de control	
Interruptor de tres posiciones	24,70€
Arduino Uno	26,95€
Relé Schield	19,00€
Tarjeta Bluetooth HC-06	5,87€
TOTAL	76,52€
TOTAL	187,44€

Anexo V Código

```
#include <SoftwareSerial.h>

SoftwareSerial mySerial(4, 5); //(rx,tx)
int input_on = A4;
int input_off = A5;
int mode=3;
char buf[10];
boolean presence=false;
int lightThreshold = 50;
int lightSensor;
int i;

void setup()
{
  for(i=0;i<sizeof(buf);i++){
    buf[i]=' ';
  }
  pinMode(2,OUTPUT);
  pinMode(3,OUTPUT);
  pinMode(13,OUTPUT);
  pinMode(input_off, INPUT);
  pinMode(input_on, INPUT);
  digitalWrite(2,HIGH);
  digitalWrite(3,LOW);
  digitalWrite(13,LOW);
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Hello hardware serial");
  mySerial.begin(9600);
  mySerial.println("Hello software serial");
}

void loop()          // run over and over again
{
  i = 0;
  while (mySerial.available()) {
    buf[i]=(char)mySerial.read();
    Serial.print(buf[i]);
    i++;
  }
  // while (Serial.available()) {
  // mySerial.print((char)Serial.read());
  // }
```

```

delay(100);
manageBuffer();
lightSensor = map(analogRead(A0),0,600,0,100);
mode=OnOffAuto();

if (mode == 0){
  digitalWrite(13,LOW);
} else if (mode == 2){
  digitalWrite(13,HIGH);
} else if (mode == 1){
  if ((presence == true)&&(lightSensor < lightThreshold)){
    digitalWrite(13,HIGH);
  } else {
    digitalWrite(13,LOW);
  }
}
for(i=0;i<sizeof(buf);i++){
  buf[i]=' ';
}
}

```

```

int OnOffAuto() {
  int on = digitalRead(input_on);
  int off = digitalRead(input_off);
  if ((on || off)==false){
    return 1;
  } else if (on == true){
    return 2;
  } else if (off == true){
    return 0;
  }
}

int manageBuffer() {
  if ((buf[0] == 's')&&(buf[1] == 'b')){
    lightThreshold = 10*(buf[2]-'0') + (buf[3]-'0');
    Serial.print("light Threshold is now : ");
    Serial.println(lightThreshold);
  }
  if (buf[0] == 'f'){
    if (presence == false){
      presence=true;
      Serial.println("you're in range !");
    } else {
      presence=false;
      Serial.println("you're away !");
    }
  }
}
}

```

Anexo VI Aplicación de móvil

