



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Diseño de un sistema domótico para la plataforma Home  
Assistant

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

AUTOR/A: Llarío Benavent, Ignacio

Tutor/a: Olguín Pinatti, Cristian Ariel

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



**Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño**

## Resumen

Actualmente, la tecnología permite la incorporación de instalaciones domóticas que logran convertir nuestra vivienda en un espacio inteligente y conectado. Este trabajo desarrolla un sistema domótico reprogramable, el cual se conecta directamente a la tensión de red y a los dispositivos que desea controlar, lo que le permite adaptarse a la mayoría de las situaciones en un entorno doméstico. En el diseño se han utilizado el programa Eagle para la realización de la placa de circuito impreso, Fusion 360 para el chasis y la plataforma Home Assistant para el *software*. Los resultados muestran que se ha logrado un dispositivo que incluye actuadores, sensores de luminosidad y temperatura, e integra la fuente de alimentación en la propia estructura, todo esto manteniendo unas dimensiones reducidas. Por el contrario, se ha comprobado que la potencia que puede soportar el sistema está limitada al método de fabricación de la placa. En líneas futuras será necesario estudiar la estabilidad del sistema ante una carga sostenida.

Palabras clave: domótica, Home Assistant, relé, placa de circuito impreso, ESP32.

## Abstract

Currently, technology allows the incorporation of home automation installations that turn our home into a smart and connected space. This project develops a reprogrammable home automation system that is directly connected to the mains voltage and to the devices that it wishes to control, which allows it to adapt to most situations in a domestic environment. In the design, the Eagle program has been used for the execution of the printed circuit board, Fusion 360 for the chassis and the Home Assistant platform for the software. The results show a set that includes actuators, light and temperature sensors and integrates the power supply in the structure itself maintaining reduced dimensions. On the contrary, it has been checked that the power which can be supported by the system is limited to the manufacturing method of the board. In the future it will be necessary to study the stability of the system with a sustained load.

Keywords: home automation, Home Assistant, relay, printed circuit board, ESP32.

## Resumen

Actualment, la tecnologia permet la incorporació d'instal·lacions domòtiques que aconsegueixen convertir el nostre habitatge en un espai intel·ligent i connectat. Aquest treball desenvolupa un sistema domòtic reprogramable que es connecta directament a la tensió de xarxa i als dispositius a controlar, el que permet adaptar-se a la majoria de les situacions en un entorn domèstic. Al disseny s'han utilitzat el programa Eagle per a la realització de la placa de circuit imprès, Fusion 360 per al xassís i la plataforma Home Assistant per al *software*. Els resultats mostren que s'ha aconseguit un dispositiu que inclou actuadors, sensors de lluminositat i temperatura i integra la font d'alimentació en la pròpia estructura, tot això mantenint unes dimensions reduïdes. Per contra, s'ha comprovat que la potència que pot suportar el sistema està limitada al mètode de fabricació de la placa. En el futur caldrà estudiar l'estabilitat del sistema davant d'una càrrega sostinguda.

Paraules clau: domòtica, Home Assistant, relé, placa de circuit imprès, ESP32.

# Contenido

<b>MEMORIA .....</b>	<b>v</b>
1. Introducción .....	1
1.1. Motivación.....	1
1.2. Objetivos .....	2
2. Antecedentes .....	2
2.1. Domótica .....	2
2.2. Home Assistant.....	2
2.3. ESPHome .....	3
3. Estudio de necesidades y planteamiento de soluciones.....	3
3.1. Estudio de necesidades .....	3
3.2. Planteamiento de soluciones y justificación de la solución adoptada.....	4
4. Descripción de la solución adoptada.....	9
4.1. Electrónica.....	9
4.2. Software .....	26
4.3. Chasis.....	30
5. Conclusiones.....	33
6. Referencias bibliográficas.....	34
7. Anexos .....	35
7.1. Objetivos de desarrollo sostenible.....	35
7.2. Datos extraídos de WEBENCH.....	37
7.3. Código.....	45
<b>PLANOS .....</b>	<b>x</b>
8. Sistema domótico completo .....	49
8.1. Plano conjunto .....	49
8.2. Vista de montaje .....	50
8.3. Vista explosionada .....	51
9. Conjunto de partes.....	52
9.1. Placa de circuito impreso .....	52
9.2. Chasis.....	59
<b>PLIEGO DE CONDICIONES .....</b>	<b>xii</b>
10. Normas de carácter general .....	63
11. Condiciones técnicas .....	63

11.1.	Materiales.....	63
11.2.	Montaje y ejecución .....	66
11.3.	Prueba de servicio .....	67
11.4.	Prueba general .....	69
<b>PRESUPUESTO .....</b>		<b>xiv</b>
12.	Precios elementales .....	70
13.	Cuadro de precios descompuestos .....	72
13.1.	Placa de circuito impreso .....	72
13.1.	Desarrollo de <i>firmware</i> .....	74
13.2.	Conjunto de chasis .....	75
13.3.	Conjunto completo del sistema .....	76
14.	Estado de mediciones .....	77
15.	Valoración.....	77

**MEMORIA**

# Contenido

1. Introducción .....	1
1.1. Motivación.....	1
1.2. Objetivos .....	2
2. Antecedentes .....	2
2.1. Domótica .....	2
2.2. Home Assistant.....	2
2.3. ESPHome .....	3
3. Estudio de necesidades y planteamiento de soluciones.....	3
3.1. Estudio de necesidades .....	3
3.2. Planteamiento de soluciones y justificación de la solución adoptada.....	4
3.2.1. Método de conexión .....	4
3.2.2. Microcontrolador .....	6
4. Descripción de la solución adoptada.....	9
4.1. Electrónica.....	9
4.1.1. Microcontrolador .....	10
4.1.2. Interruptores y sensores .....	13
4.1.3. Relés .....	16
4.1.4. Fuente de alimentación.....	18
4.1.5. Otros dispositivos y circuito completo .....	19
4.1.6. Placa de circuito impreso .....	21
4.2. Software .....	26
4.2.1. Características de Hardware .....	26
4.2.1. Diagrama de flujo .....	28
4.3. Chasis.....	30
5. Conclusiones.....	33
6. Referencias bibliográficas.....	34
7. Anexos .....	35
7.1. Objetivos de desarrollo sostenible.....	35
7.2. Datos extraídos de WEBENCH.....	37
7.3. Código.....	45

## Figuras

Figura 1: Microcontrolador Arduino Nano 33 IoT. Extraída de arduino.cc.....	6
Figura 2: Microcontrolador ESP32-WROOM-32E. Extraída de espressif.com .....	7
Figura 3: Diagrama de los subsistemas del circuito .....	9
Figura 4: Funciones de cada pin ESP32-WROOM-32E. Extraída de electronicshub.org	12
Figura 5: Circuito interruptor tipo pull-down.....	13
Figura 6: Circuito medidor de luminosidad mediante LDR .....	14
Figura 7: Circuito medidor de temperatura mediante TMP36.....	15
Figura 8: Circuito driver bobina de relé.....	17
Figura 9: Circuito relé .....	18
Figura 10: Conexión cabecera con los pines Rx y Tx .....	19
Figura 11: Circuito botón de reinicio .....	19
Figura 12: Circuito completo etapa de potencia .....	20
Figura 13: Circuito completo etapa de control .....	21
Figura 14: Dimensiones y forma de la PCB.....	22
Figura 15: Distribución de los componentes de la PCB.....	22
Figura 16: Zonas planos de masa PCB .....	23
Figura 17: Vista de la capa de cobre superior de la PCB .....	24
Figura 18: Vista de la capa de cobre inferior de la PCB.....	24
Figura 19: Serigrafía de la PCB.....	25
Figura 20: Diagrama de flujo del sistema de medición de la temperatura .....	28
Figura 21: Diagrama de flujo del sistema de medición de luminosidad .....	29
Figura 22: Renderizado del sistema completamente montado .....	30
Figura 23: Renderizado del chasis inferior .....	31
Figura 24: Renderizado del chasis superior .....	31
Figura 25: Renderizado de la parte superior del chasis .....	32
Figura 26: Renderizado agujeros para sensores en el chasis superior.....	32

## Tablas

Tabla 1: Comparación métodos de conexión [4].....	5
Tabla 2: Comparación microcontroladores [5]–[7] .....	8
Tabla 3: Valores máximos ESP32. Extraída del datasheet ESP32-WROOM-32E .....	10
Tabla 4: Condiciones de funcionamiento recomendadas ESP32. Extraída del datasheet EP32-WROOM-32E .....	10
Tabla 5: Características DC ESP32. Extraída del datasheet ESP32-WROOM-32E.....	11
Tabla 6: Resumen valores de voltaje limite en cada pin .....	12
Tabla 7: Función pines de entrada y salida ESP32-WROOM-32E en ESPHome .....	12
Tabla 8: Valores máximos TMP36. Extraída del datasheet TMP36.....	15
Tabla 9: Características bobina relés. Extraída del datasheet ADW1203HLW.....	16
Tabla 10: Pines y su configuración utilizados en el circuito .....	26
Tabla 11: Rango de tensión medible según la configuración de la atenuación .....	27
Tabla 12: Grado de relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible ....	36

## Abreviaciones

PCB	Placa de circuito impreso
IoT	<i>Internet of things</i>
UART	<i>Universal asynchronous receiver / transmitter</i>
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i>
I <sup>2</sup> C	<i>Inter-Integrated Circuit</i>
ARM	<i>Advanced RISC Machine</i>
V <sub>OH</sub>	Voltaje de salida a nivel alto
V <sub>OL</sub>	Voltaje de salida a nivel bajo
V <sub>IH</sub>	Voltaje de entrada a nivel alto
V <sub>IL</sub>	Voltaje de entrada a nivel bajo
LDR	Fotorresistor
AC	Corriente alterna
DC	Corriente continua
ADC	Convertor analógico digital
ABS	Acrilonitrilo butadieno estireno
ASA	Acrilonitrilo estireno acrilato
SMD	Dispositivo de montaje en superficie
SMT	Tecnología de montaje superficial

# 1. Introducción

En la actualidad, el acceso a las nuevas tecnologías es cada vez más sencillo; la domótica permite transformar nuestros hogares en espacios inteligentes y conectados. Esta tecnología, que combina la electrónica y la informática, ofrece la posibilidad de automatizar y controlar una amplia gama de dispositivos y sistemas, proporcionando comodidad, eficiencia energética y seguridad.

El presente Trabajo de Fin de Grado (TFG) busca transformar una vivienda convencional en un hogar inteligente y con capacidad de automatizarse; por ello, el proyecto se enfoca en el desarrollo íntegro de un sistema domótico que se adapte a un amplio número de situaciones en un entorno residencial.

La implementación de un sistema domótico ofrece numerosos beneficios. En primer lugar, mejora la comodidad al permitir el control centralizado de los dispositivos y la automatización de tareas repetitivas. Por ejemplo, los residentes podrán programar el encendido y apagado de las luces o la regulación de la temperatura ambiente.

Además de la comodidad, la domótica también tiene un impacto significativo en la eficiencia energética. Mediante el uso de sensores y algoritmos inteligentes, el sistema puede ajustar automáticamente el consumo de energía de los dispositivos en función de las necesidades reales. Esto no solo reduce los costos de energía, sino que también contribuye a la sostenibilidad y al cuidado del medio ambiente.

## 1.1. Motivación

Este proyecto nace de la búsqueda de soluciones domóticas que se adapten a un gran número de situaciones. Aunque hoy en día no es difícil encontrar dispositivos de automatización en los hogares, estos dispositivos en su mayoría carecen de autonomía y adaptabilidad, es por ello por lo que estos dispositivos requieren de sensores externos para adaptarse correctamente al entorno.

La capacidad de adaptarse es un aspecto clave en el diseño, ya que cada vivienda tiene sus propias características y necesidades. Además, la eficiencia energética es otro factor primordial que contribuye tanto en el ahorro económico y energético, como en el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible. Por ello se busca integrar en un mismo dispositivo actuadores y sensores, lo que dota al sistema de cierta adaptabilidad y le permite tener autonomía, ya que no requiere de sensores externos.

En resumen, este Trabajo de Fin de Grado busca un sistema adaptable y eficiente para un uso doméstico.

## 1.2. Objetivos

El objetivo del presente trabajo es diseñar un sistema domótico que permita la interacción con elementos del hogar de forma remota mediante la plataforma Home Assistant. Para ello se deben cumplir una serie de subobjetivos:

- Plantear el esquemático del circuito electrónico.
- Diseñar la PCB según el esquema del circuito.
- Desarrollar el *software* para la realización de las tareas propuestas.
- Modelar un chasis para proteger e integrar el diseño.

## 2. Antecedentes

En el siguiente apartado se explican los conceptos necesarios para entender el desarrollo de este trabajo.

### 2.1. Domótica

El término domótica se refiere al conjunto de sistemas y tecnologías que se utilizan para automatizar y controlar los distintos elementos de una vivienda, como la iluminación, la temperatura, la seguridad y los electrodomésticos. En los últimos años, esta tecnología ha experimentado un enorme desarrollo, lo que ha reducido su precio y mejorado su compatibilidad con varios dispositivos del hogar.

El sistema domótico permite controlar los aspectos mencionados de manera centralizada y remota, a través de un sistema de gestión inteligente que puede estar compuesto por sensores, actuadores y otros dispositivos electrónicos interconectados. Los usuarios pueden interactuar con los elementos del sistema directamente o pueden establecer rutinas programadas, las cuales dotan al sistema de cierta autonomía.

Con la interconexión de las distintas partes de la vivienda, el objetivo del sistema es, entre otros, mejorar la comodidad, la eficiencia energética y la calidad de vida de las personas que habitan en la vivienda. Por ejemplo, la iluminación y la climatización pueden ajustarse automáticamente con la información de sensores, y según las preferencias del usuario, los electrodomésticos pueden programarse para funcionar en horarios específicos.

### 2.2. Home Assistant

Home Assistant es un software de domótica de código abierto diseñado para controlar y automatizar una vivienda. Entre sus principales ventajas destaca que es una plataforma altamente personalizable. Además, la facilidad por parte del usuario a la hora de integrar los dispositivos. Permitir el uso de distintos tipos de estándares de conexión inalámbrica, consiguiendo ser compatible con una amplia gama de dispositivos y sistemas de automatización.

El programa se basa en un servicio web que permite un acceso remoto, además de permitir la creación de rutinas para la automatización avanzada del hogar, lo que brinda al sistema la capacidad de responder ante a una multitud de situaciones.

En resumen, Home Assistant es una plataforma de automatización de código abierto para el hogar, altamente personalizable y escalable que permite a los usuarios controlar y automatizar una amplia gama de dispositivos inteligentes y sistemas [1].

### 2.3. ESPHome

La plataforma de desarrollo de *firmware* de código abierto ESPHome, permite la programación y personalización de dispositivos basados en ESP8266, ESP32 y otros microcontroladores de la familia Espressif [2].

Con ESPHome, los usuarios pueden escribir fácilmente el código para controlar y monitorear dispositivos inteligentes en el hogar, como luces, sensores, interruptores y muchos otros.

Una de las principales ventajas de ESPHome es su integración con Home Assistant, lo que permite una fácil interacción y configuración con la plataforma de automatización del hogar. La plataforma genera automáticamente una interfaz de usuario en Home Assistant para los dispositivos configurados, lo que simplifica la integración y el control desde la interfaz de usuario de Home Assistant.

## 3. Estudio de necesidades y planteamiento de soluciones

En este punto se presenta el estudio de necesidades y las diversas opciones que se han barajado a la hora de realizar el diseño del proyecto, concretamente la elección del microcontrolador y el método de conexión con la plataforma Home Assistant.

### 3.1. Estudio de necesidades

En este apartado se describirán todas las especificaciones y condiciones de diseño que se deben cumplir en el sistema. Se pretende diseñar un sistema que cumpla con las siguientes características:

- Diseño con dos o más actuadores para permitir el control independiente de más de un dispositivo.
- Conexión directa a la red eléctrica, por lo que no debe depender de una fuente de alimentación externa.
- Posibilidad de manejar una carga total no superior a 16 A.
- Capacidad de medir la temperatura y luminosidad externas de la habitación.
- Minimizar el tamaño total del conjunto.
- Facilidad por parte del usuario para interactuar con el sistema.

## 3.2. Planteamiento de soluciones y justificación de la solución adoptada

Con las necesidades establecidas, se procede a buscar y elegir las alternativas más relevantes a la hora de diseñar el sistema.

### 3.2.1. Método de conexión

El tipo de conexión con nuestro sistema establecerá los límites de lo que es realizable a la hora de implementar nuestro proyecto; por una parte, nos determinará el alcance de nuestra señal y por otra, la cantidad de datos que podemos transmitir.

#### 3.2.1.1. *Conexión Zigbee*

Diseñado como un protocolo de comunicación inalámbrica de baja potencia, Zigbee está especializado en la automatización del hogar.

Este protocolo se caracteriza por ofrecer un consumo de energía muy bajo, lo que permite que los dispositivos funcionen con baterías. Permite la conexión con cientos de dispositivos gracias a su red tipo malla; por el contrario, este tipo de conexión también obliga al usuario a disponer de un gran número de dispositivos con la misma tecnología para aumentar su alcance [3]. Asimismo, Zigbee requiere de un *Gateway* para la conexión con Home Assistant, lo que implica un coste adicional.

#### 3.2.1.2. *Conexión Wi-Fi*

Wi-Fi es una tecnología de comunicación inalámbrica ampliamente utilizada que permite la transmisión de datos y la conexión a Internet a través de un rúter.

La mayoría de los dispositivos del mercado disponen de este tipo de conexión ya que permite una fácil integración y únicamente requiere del enrutador. Además de ofrecer un gran alcance sin la necesidad de una configuración tipo malla, presenta una velocidad de conexión rápida, ideal para aplicaciones que requieren un ancho de banda alto. Como parte negativa, respecto a Zigbee, el consumo de energía de los dispositivos Wi-Fi es elevado por lo que dificulta el uso de baterías y permite la conexión de un menor número de dispositivos.

#### 3.2.1.3. *Conexión Bluetooth*

Bluetooth es una tecnología de conexión sin cables de corto alcance que se emplea con frecuencia para establecer enlaces entre dispositivos cercanos.

Este tipo de conexión se caracteriza, al igual que el Wi-Fi, por ser fácil de configurar y no requerir de un dispositivo externo para funcionar. Además, ofrece gran compatibilidad con los dispositivos del mercado y un reducido consumo de energía. Su principal defecto, es que posee un alcance muy limitado, siendo inservible en aplicaciones con un rango moderado.

#### 3.2.1.4. *Conexión adoptada*

Después de ver los principales métodos de conexión para la plataforma Home Assistant, se va a realizar una comparación y elegir cuál es el más adecuado para nuestro sistema. Aunque las características reales de cada tecnología pueden variar según la versión y el ámbito donde se va a utilizar. En la Tabla 1 se presentan las características principales de cada sistema:

Tabla 1: Comparación métodos de conexión [4]

Características	Zigbee	W-Fi	Bluetooth
Alcance	Muy alto (Red tipo malla)	Moderado	Muy bajo
Número de dispositivos	65000	30	7
Velocidad de conexión	20 – 250 Kbps	2 – 100 Mbps	1 Mbps
Facilidad de integración	Baja	Alta	Alta
Consumo eléctrico	Muy bajo	Alto	Moderado – Bajo

De esta tabla se observa que la conexión Bluetooth se caracteriza por tener un rango muy limitado por lo que no se considera apta para el diseño. En cuanto a las conexiones Zigbee y Wi-Fi, cada una ofrece sus ventajas e inconvenientes.

Por un lado, Zigbee permite conectar más dispositivos que la conexión Wi-Fi, pero por otro lado, también requiere disponer simultáneamente de más dispositivos para extender el alcance de la señal. Asimismo, la conexión Wi-Fi también ofrece al usuario una mejor experiencia ya que la complejidad a la hora de integrar el dispositivo en la vivienda es mucho más sencilla.

En cuanto al resto de características, la velocidad de conexión no se considera un factor limitante debido a la aplicación de nuestro dispositivo, el cual no requiere de la transmisión de grandes tramas de datos. Por otra parte, el consumo eléctrico tampoco se tiene en cuenta ya que se espera que el dispositivo esté conectado a la red y no opere de forma autónoma con una batería.

En conclusión, se ha elegido la conexión tipo Wi-Fi para nuestro diseño ya que ofrece un rango moderado, suficiente para la aplicación en cuestión, presenta facilidad a la hora de integrarse y no requiere de otros dispositivos simultáneos para su funcionamiento, a excepción del router.

### 3.2.2. Microcontrolador

La correcta elección del microcontrolador es crucial para el posterior diseño del sistema, ya que determinará las características del circuito y marcará el número de periféricos que podremos conectar. En este sentido nos deberemos asegurar que el micro en cuestión permita la implementación con la plataforma y posea las características necesarias para cumplir con las necesidades del proyecto.

#### 3.2.2.1. Arduino

La plataforma Arduino, por un lado, nos ofrece una serie de placas que se adaptan a una gran diversidad de proyectos y, por otro lado, nos proporciona su código abierto el cual se caracteriza por ser sencillo y fácil de programar. Estas características hacen que Arduino sea una plataforma muy popular, ideal para principiantes y proyectos simples.

En nuestro caso la familia de placas Arduino que más se adapta a nuestro proyecto sería la clase nano, ya que se caracteriza por ser de un tamaño más reducido que las alternativas clásicas. En especial, dentro de esta familia, nos interesan los sistemas con antena Wi-Fi incluida, los cuales facilitan su integración.

Por las características descritas anteriormente, el modelo que consideramos más adecuado es la placa Arduino Nano 33 IoT (Figura 1), la cual integra el módulo Wi-Fi y un número de pines más que suficiente para la aplicación en cuestión. Como desventaja cabe citar el precio elevado de cada unidad [5].

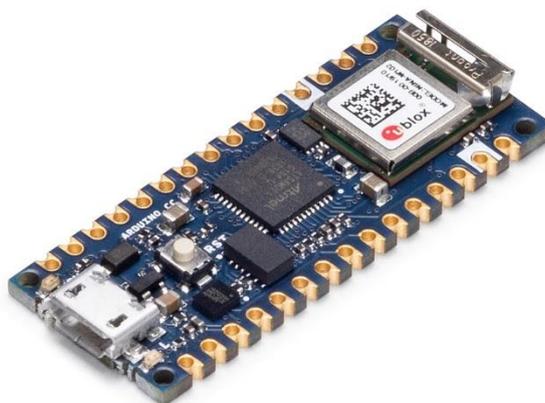


Figura 1: Microcontrolador Arduino Nano 33 IoT. Extraída de [arduino.cc](https://www.arduino.cc)

En resumen, Arduino es una plataforma popular gracias a su amplia gama de placas y su código abierto de fácil programación. El modelo Arduino Nano 33 IoT, se adapta a proyectos de domótica debido a su tamaño reducido y la integración de WiFi. Sin embargo, se debe tener en cuenta el alto precio por unidad de esta placa.

### 3.2.2.2. ESP32

El microcontrolador ESP32 se caracteriza por tener un precio económico, así como un bajo consumo de energía. Su arquitectura de doble núcleo le dota de potencia suficiente para un gran número de aplicaciones. Posee una gran cantidad de pines de entrada y salida, al mismo tiempo que dispone de módulos con antena integrada que permiten la conectividad inalámbrica mediante Wi-Fi.

En cuanto al código, es programable mediante un entorno de desarrollo propio, pero también se puede programar mediante Arduino, por lo que ofrece todas las ventajas de este código abierto.

Un factor muy importante a tener en cuenta es la existencia de la pasarela ESPHome, la cual nos facilita la integración de este microcontrolador en la plataforma Home Assistant.

Para nuestro uso, el modelo de ESP32 que más se ajusta a nuestras necesidades es el ESP32-WROOM-32E (Figura 2) ya que incluye antena, es de tamaño reducido y es de más bajo coste comparado con otros modelos de la misma familia [6].



Figura 2: Microcontrolador ESP32-WROOM-32E.  
Extraída de [espressif.com](https://www.espressif.com)

En resumen, el microcontrolador ESP32 destaca por su bajo costo, bajo consumo de energía y por la capacidad de conectividad inalámbrica. Su integración con la plataforma Home Assistant a través de ESPHome es una ventaja adicional que facilita su integración.

### 3.2.2.3. STM32

Los microcontroladores de la familia STM32 se caracterizan por su capacidad de procesado, en especial la familia STM32F4, basada en la arquitectura ARM Cortex-M. Esta destaca por su capacidad de procesamiento y un equilibrio adecuado entre coste y rendimiento.

En cuanto a la integración, aunque el fabricante proporciona herramientas como el entorno de desarrollo STM32CubeIDE, la herramienta gráfica STM32CubeMX y bibliotecas de

código, es necesario contar con un nivel avanzado de programación para adaptar y optimizar los procesos del proyecto.

Respecto a la conectividad Wi-Fi, la familia STM32F4 no ofrece opciones con un módulo Wi-Fi incorporado que se puedan integrar directamente en el circuito. Sin embargo, es posible integrar la conectividad Wi-Fi mediante módulos externos. Estos módulos se conectan mediante interfaces como UART, SPI o I<sup>2</sup>C, y ofrecen la posibilidad de añadir funcionalidad WiFi al proyecto [7].

En conclusión, con las herramientas adecuadas y el uso de módulos externos, es posible abordar la integración de la conectividad Wi-Fi al desarrollar aplicaciones basadas en la familia STM32F4.

### 3.2.2.4. Microcontrolador adoptado

Tras ver los principales microcontroladores que podemos encontrar en el mercado para este tipo de sistemas, procederemos a comparar sus características y elegir cual es la mejor opción para nuestro proyecto. En la siguiente tabla (Tabla 2) podemos comparar las principales características de los microcontroladores analizados:

Tabla 2: Comparación microcontroladores [5]–[7]

Características	Arduino Nano 33 IoT	ESP32-WROOM-32E	STM32F4
Frecuencia CPU	48 MHz	240 MHz	Hasta 180 MHz
Memoria Flash	256 KB	Hasta 16 MB	Hasta 2056 KB
Memoria RAM	32 KB	-	Hasta 384 KB
Wi-Fi integrado	Si	Si	No
Pines de E/S	22	38	Hasta 144
Tamaño	45 × 18 mm	25,5 × 18 mm	Hasta 7 × 7 mm (BGA)
Precio	Alto	Bajo	Moderado
Ventajas	Fácil integración	Potencia de procesamiento moderada, ESPHOME, antena incluida	Potencia de procesamiento elevada, pequeño tamaño, amplia gama de bibliotecas
Desventajas	Mayor tamaño, menor potencia de procesamiento, menor número de pines	Menor soporte de bibliotecas	No tiene antena Wi-Fi, coste moderado, difícil de integrar

Una vez analizada la tabla, podemos ver que la placa Arduino queda por detrás de las otras dos en términos de procesamiento y memoria *flash*, además de ser de mayor tamaño, por lo que sería más difícil integrarla en un sistema compacto. En cuanto al resto de opciones, ambos microcontroladores cumplen con las necesidades de procesamiento y de memoria que se requiere para el sistema, por lo que no serán factores determinantes.

Se van a comparar ambos controladores para ver qué ventajas e inconvenientes ofrecen a la hora de realizar el diseño; por una parte, la familia STM32F4 ofrece mayor potencia de procesado y un menor tamaño que la ESP32, pero por la otra, no incluye una antena Wi-Fi; ello añade costes y dificulta el diseño y la programación del proyecto ya que se requiere de un módulo externo para implementar dicha función. En cuanto a la ESP32, además de incluir el módulo Wi-Fi, nos permite usar la plataforma ESPHome, lo cual facilita en gran medida su integración.

En conclusión, se va a elegir el microcontrolador ESP32-WROOM-32E, debido a que la antena Wi-Fi está incluida, ofrece la posibilidad de integrarse mediante el *Gateway* ESPHome y, como se ha mencionado, la potencia de procesado no es un factor determinante en nuestro diseño puesto que es suficiente.

## 4. Descripción de la solución adoptada

Tras identificar las necesidades y realizar un análisis de las posibles soluciones para abordar el problema, se ha desarrollado una propuesta a fin de cumplir con todos los requisitos y brindar una solución efectiva.

### 4.1. Electrónica

En este apartado, se procede a detallar los aspectos de diseño relacionados tanto con el esquema electrónico del sistema, como a lo referente a la propia placa de circuito impreso. Para empezar, se plantea el diagrama de todos los subsistemas que deben formar nuestro circuito (Figura 3).

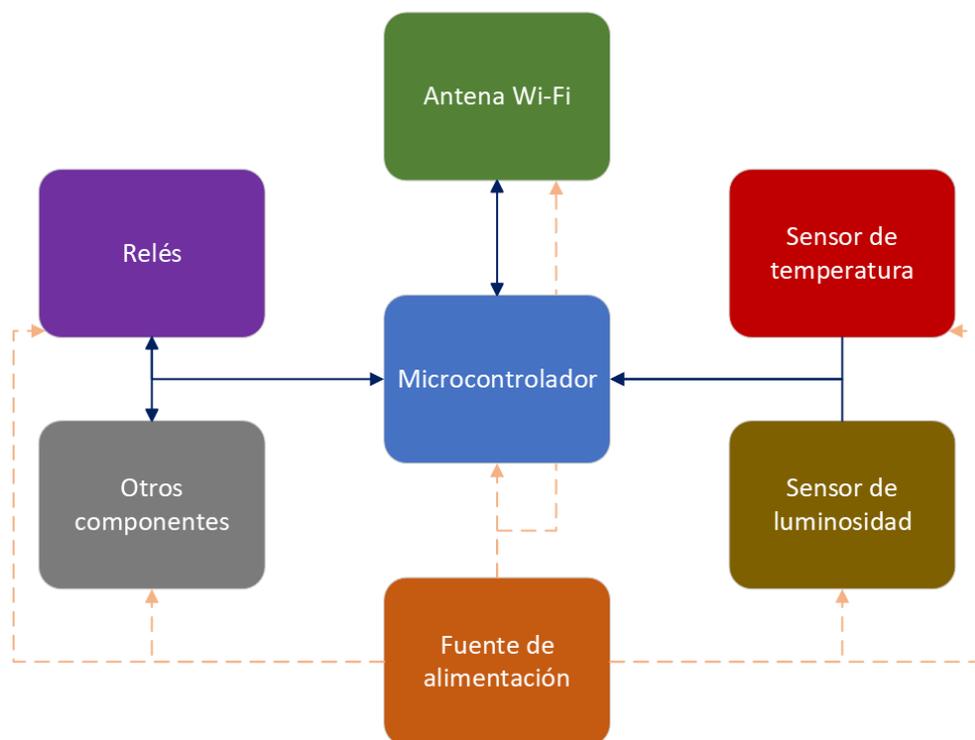


Figura 3: Diagrama de los subsistemas del circuito

En este podemos ver que el elemento que ancla todos nuestros componentes es el microcontrolador, el cual se conecta a todos los subsistemas. La parte de potencia dotará a todo el circuito de las tensiones que se requieran. Cabe destacar que el módulo de antena Wi-Fi está incluido en el microcontrolador por lo que no será necesario su diseño.

#### 4.1.1. Microcontrolador

Como se ha mencionado anteriormente, el microcontrolador elegido es un ESP32 concretamente el modelo ESP32-WROOM-32E; es importante conocer las características y limitaciones del micro para escoger el resto de los componentes conforme a estos valores. Si seguimos los datos que encontramos en el *datasheet* del propio fabricante, encontramos los valores máximos de funcionamiento (Tabla 3):

Tabla 3: Valores máximos ESP32. Extraída del *datasheet* ESP32-WROOM-32E

Symbol	Parameter	Min	Max	Unit
VDD33	Power supply voltage	-0.3	3.6	V
T <sub>STORE</sub>	Storage temperature	-40	105	°C

Los valores de funcionamiento recomendados (Tabla 4) en los que nos basaremos para el diseño del resto de partes son:

Tabla 4: Condiciones de funcionamiento recomendadas ESP32. Extraída del *datasheet* EP32-WROOM-32E

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
VDD33	Power supply voltage	3.0	3.3	3.6	V
I <sub>VDD</sub>	Current delivered by external power supply	0.5	—	—	A
T	Operating ambient temperature	85 °C version	—	85	°C
		105 °C version		105	

Como se puede apreciar, la tensión en los pines de alimentación debe de ser 3,3 V, el cual es un voltaje bastante común en el diseño electrónico, por lo que se intentará diseñar el resto de los componentes del circuito con la misma tensión. Por otro lado, tenemos que considerar la corriente mínima que debemos garantizarle al micro (Tabla 4), en este caso 500 mA.

Una vez que se han comprendido las exigencias y restricciones del dispositivo de control, nos podemos centrar en las características de los propios pines que conforman el propio microcontrolador.

Primeramente, siguiendo los datos del fabricante (Tabla 5), podemos ver cuál será la corriente máxima que podemos conseguir en cada pin, además de poder calcular cuáles serán los voltajes a nivel alto y bajo que nos garantiza el chip.

Tabla 5: Características DC ESP32. Extraída del datasheet ESP32-WROOM-32E

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit	
$C_{IN}$	Pin capacitance	-	2	-	pF	
$V_{IH}$	High-level input voltage	$0.75 \times VDD^1$	-	$VDD^1 + 0.3$	V	
$V_{IL}$	Low-level input voltage	-0.3	-	$0.25 \times VDD^1$	V	
$I_{IH}$	High-level input current	-	-	50	nA	
$I_{IL}$	Low-level input current	-	-	50	nA	
$V_{OH}$	High-level output voltage	$0.8 \times VDD^1$	-	-	V	
$V_{OL}$	Low-level output voltage	-	-	$0.1 \times VDD^1$	V	
$I_{OH}$	High-level source current ( $VDD^1 = 3.3$ V, $V_{OH} \geq 2.64$ V, output drive strength set to the maximum)	VDD3P3_CPU power domain <sup>1, 2</sup>	-	40	-	mA
		VDD3P3_RTC power domain <sup>1, 2</sup>	-	40	-	mA
		VDD_SDIO power domain <sup>1, 3</sup>	-	20	-	mA
$I_{OL}$	Low-level sink current ( $VDD^1 = 3.3$ V, $V_{OL} = 0.495$ V, output drive strength set to the maximum)	-	28	-	mA	
$R_{PU}$	Resistance of internal pull-up resistor	-	45	-	k $\Omega$	
$R_{PD}$	Resistance of internal pull-down resistor	-	45	-	k $\Omega$	
$V_{IL\_nRST}$	Low-level input voltage of CHIP_PU to power off the chip	-	-	0.6	V	

Podemos ver que la corriente típica que podemos esperar es de 40 mA. El rango de voltajes de entrada y salida quedaría como se especifica en la Tabla 6.

$$V_{IH_{min}} = 0,75 \times VDD = 0,75 \times 3,3 = 2,475 \text{ V} \quad (1)$$

$$V_{IH_{max}} = VDD + 0,3 = 3,3 + 0,3 = 3,6 \text{ V} \quad (2)$$

$$V_{IL_{max}} = 0,25 \times VDD = 0,25 \times 3,3 = 0,825 \text{ V} \quad (3)$$

$$V_{OH_{min}} = 0,8 \times VDD = 0,75 \times 3,3 = 2,64 \text{ V} \quad (4)$$

$$V_{OL_{max}} = 0,1 \times VDD = 0,1 \times 3,3 = 0,33 \text{ V} \quad (5)$$

Tabla 6: Resumen valores de voltaje limite en cada pin

Símbolo	Min	Max	Unidad
$V_{IH}$	2,475	3,6	V
$V_{IL}$	-0,3	0,825	V
$V_{OH}$	2,64	-	V
$V_{OL}$	-	0,33	V

En segundo lugar, es importante tener en cuenta que no todos los pines pueden cumplir la misma función (Figura 4). En el mismo *datasheet*, encontramos qué tipo de tarea puede desarrollar cada pin.

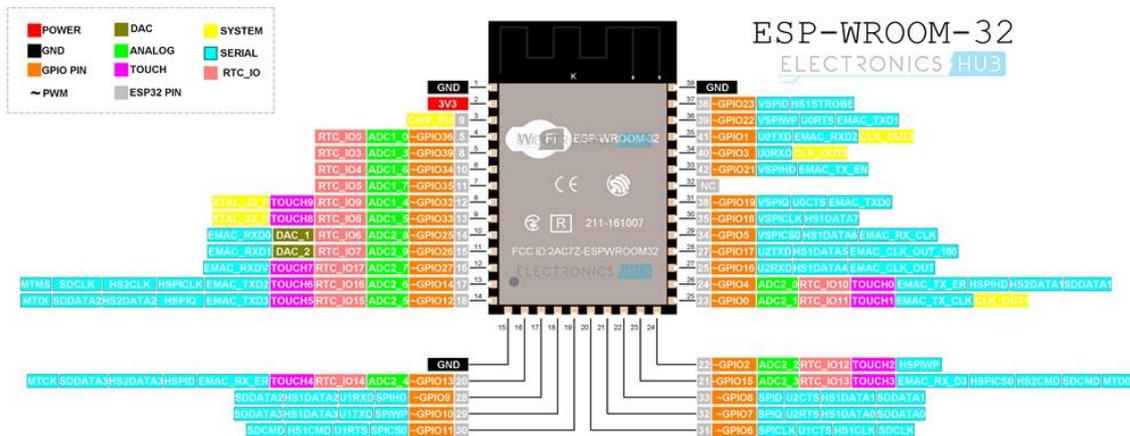


Figura 4: Funciones de cada pin ESP32-WROOM-32E. Extraída de electronicshub.org

Para finalizar, la propia plataforma ESPHome nos da una serie de limitaciones a la hora de asociar cada pin, la mayoría de las cuales vienen descritas por las características del propio fabricante; el resto de las limitaciones están condicionadas por el uso de la antena Wi-Fi [2].

Teniendo todo esto en cuenta se establecen qué pines IO pueden ser utilizados para conectar los componentes externos siguiendo la naturaleza de estos (Tabla 7):

Tabla 7: Función pines de entrada y salida ESP32-WROOM-32E en ESPHome

Función	PIN GPIO
Modo de encendido	IO0
Entrada / Salida	IO2, IO4, IO5, IO12 a IO19, IO21 a IO23, IO25 a IO27, IO32, IO33
Únicamente entrada	IO34 a IO39
Entrada tipo ADC (Convertor analógico digital)	IO32 a IO39
Rx	RXD0
Tx	TXD0

### 4.1.2. Interruptores y sensores

Para empezar, nos centraremos en los periféricos de captación de datos. Por un lado, se pretende que el usuario pueda cambiar el estado del dispositivo sin la necesidad de acceder a la aplicación, y por otro, como bien se ha indicado en las especificaciones de diseño, se requiere poder medir tanto la temperatura como la luminosidad de la habitación. Por estos motivos será necesario añadir una serie de periféricos para la obtención de señales externas.

#### Interruptores

Con el objetivo de interactuar con nuestro sistema sin la necesidad de tener un dispositivo con conexión a internet, se va a implementar un interruptor, lo que permitirá saber su estado gracias a los pines de entrada del microcontrolador.

Aunque se hubiera podido aplicar directamente un interruptor en nuestro diseño, se ha optado por incluir en el circuito dos cabezales que permitan la conexión externa del interruptor, así logramos facilitar su integración en el hogar ya que dicho interruptor podrá ser colocado en un lugar de fácil acceso.

El circuito se llevará a cabo mediante una entrada tipo *pull-down*. Para alimentar el circuito se van a utilizar los mismos 3,3 V utilizados en el microcontrolador. Además, se va a requerir de dos terminales que permitan la conexión del interruptor de forma externa; uno de ellos se conectará al voltaje de alimentación, mientras que el otro a un pin adecuado del microcontrolador (Tabla 7) y al mismo tiempo a masa (GND) a través de la resistencia de *pull-down* de valor 10 k $\Omega$  (Figura 5).

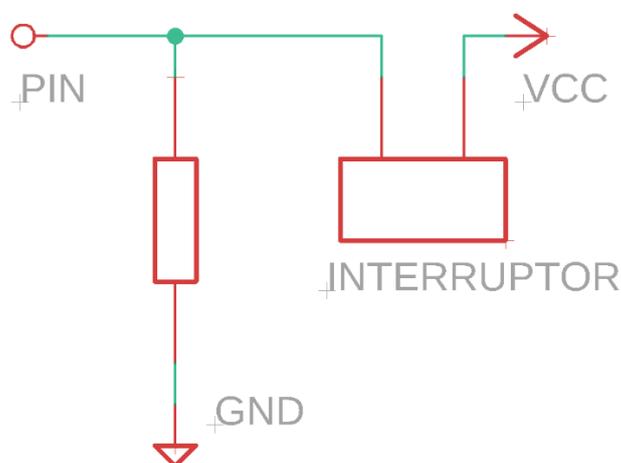


Figura 5: Circuito interruptor tipo pull-down

Este circuito se repetirá por cada relé en la placa, permitiendo el encendido y apagado independiente de los elementos externos.

## Sensor de luz

Para la medición de luminosidad se ha optado por un circuito compuesto por un divisor de tensión con un LDR (Figura 6).

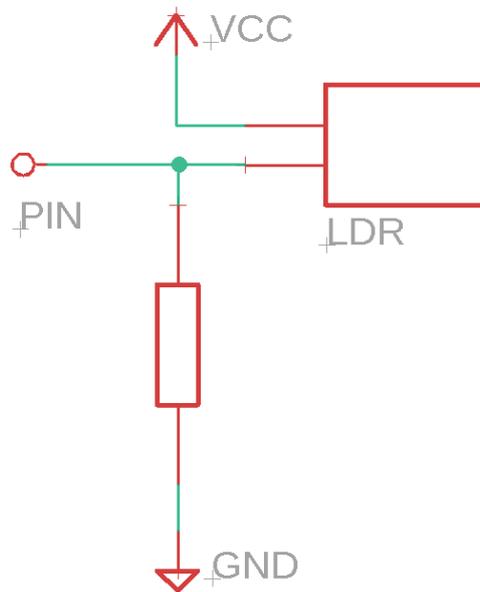


Figura 6: Circuito medidor de luminosidad mediante LDR

Se ha elegido el LDR con referencia PDV-P8103, debido a su bajo coste y a que ofrece unas patillas alargadas que facilitaran su montaje en un punto exterior de la caja protectora del circuito. Teniendo el modelo en cuenta y fijando la resistencia del puente a  $10\text{ k}\Omega$ , podemos seguir los datos del fabricante del fotorresistor para calcular el rango de valores que podemos esperar en el divisor de tensión. La tensión que nos aporte el divisor (ecuaciones (6) y (9)) será mínima en condiciones de poca luz (ecuación (7)) y máxima cuando tengamos bastante luz en el ambiente (ecuación (8)).

$$V_{LDR} = VCC \times \frac{R}{R + R_{LDR}} \quad (6)$$

$$V_{LDR_{min}} = VCC \times \frac{R}{R + R_{LDR_{max}}} = 3,3 \times \frac{10k}{10k + 0,5M} = 0,065\text{ V} \quad (7)$$

$$V_{LDR_{max}} = VCC \times \frac{R}{R + R_{LDR_{min}}} = 3,3 \times \frac{10k}{10k + 16k} = 1,27\text{ V} \quad (8)$$

$$V_{LDR_{min}} = 0,065\text{ V} \quad | \quad V_{LDR_{max}} = 1,27\text{ V}$$

Este rango de valores será posible configurarlo en el *software* para que actúen como valores máximo y mínimo de luminosidad.

Por último, la salida del divisor de tensión se conectará a un pin con características ADC para recibir correctamente los cambios en el voltaje en su señal de salida.

## Sensor de temperatura

En cuanto a la medición de temperatura, aunque nos hubiéramos podido decantar por un puente de resistencias (como en el caso anterior), se ha optado por el uso del sensor TMP36 ya que nos ofrece una respuesta lineal y más precisa. Para el diseño nos fijaremos en los datos proporcionados en el *datasheet* (Tabla 8):

Tabla 8: Valores máximos TMP36. Extraída del datasheet TMP36

Parameter <sup>1,2</sup>	Rating
Supply Voltage	7 V
Shutdown Pin	$GND \leq \overline{SHUTDOWN} \leq +V_S$
Output Pin	$GND \leq V_{OUT} \leq +V_S$
Operating Temperature Range	-55°C to +150°C
Die Junction Temperature	175°C
Storage Temperature Range	-65°C to +160°C
IR Reflow Soldering	
Peak Temperature	220°C (0°C/5°C)
Time at Peak Temperature Range	10 sec to 20 sec
Ramp-Up Rate	3°C/sec
Ramp-Down Rate	-6°C/sec
Time 25°C to Peak Temperature	6 min
IR Reflow Soldering—Pb-Free Package	
Peak Temperature	260°C (0°C)
Time at Peak Temperature Range	20 sec to 40 sec
Ramp-Up Rate	3°C/sec
Ramp-Down Rate	-6°C/sec
Time 25°C to Peak Temperature	8 min

Podemos observar que el rango del sensor está dentro de la temperatura ambiental que se espera. Además, el rango de voltaje de alimentación permite conectarlo a la misma tensión que el micro. Siguiendo las recomendaciones de la misma hoja de datos, se establece el circuito de la siguiente figura:

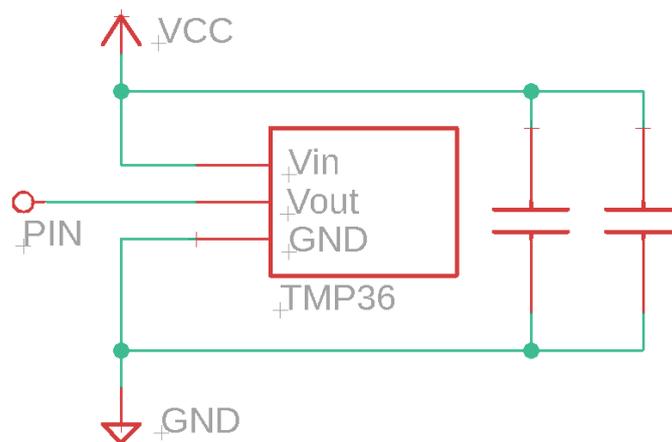


Figura 7: Circuito medidor de temperatura mediante TMP36

Este circuito es el recomendado por el fabricante con un condensador de valor  $0,1 \mu F$ ; además, para mitigar aún más las perturbaciones, se le ha añadido un segundo condensador de valor  $22 \mu F$  [8].

En este caso el sensor se encontrará en la parte interna de la estructura protectora, por lo que otros elementos, como los relés, que con el tiempo se pueden calentar notablemente, influirán en la medición de la temperatura ambiente. Por esta razón, el encapsulado elegido para este sensor ha sido el TO-92 el cual nos facilitará separar el TMP36 de la placa, a la vez que permitirá montar un elemento de disipación en carcasa y todo ello proporcionará una medición más exacta de las temperaturas externas.

Para finalizar, como en el caso anterior, el pin de salida del sensor se conectará con una entrada tipo ADC para medir la señal adecuadamente.

### 4.1.3. Relés

El circuito que integra los relés será el encargado de interactuar con los elementos de la vivienda. Por ello, es importante diseñar un sistema que se pueda adaptar a un gran número de dispositivos y situaciones.

Para la implementación de este sistema se debe establecer la potencia máxima que van a ser capaces de soportar dichos relés; esta característica establecerá el tipo de circuito a diseñar. Teniendo en cuenta la potencia y el tipo de carga que se va a conectar, y con las características de la señal de alimentación, todas ellas descritas en el apartado de necesidades, se procede a buscar dispositivos que cumplan dicha característica de potencia.

En consecuencia, se ha establecido para nuestro diseño el modelo de relé ADW1203HLW de la marca Panasonic, el cual, además de cumplir las características de potencia establecidas, permite su activación con una señal de  $3,3 V$  (Tabla 9), manteniendo así la tensión utilizada en todo el circuito. Por otro lado, cabe destacar que se trata de un relé de enclavamiento con dos bobinas, lo cual permitirá su activación y desactivación mediante un pulso, logrando un ahorro de energía ya que no se requiere de un pulso continuo para su activación.

Tabla 9: Características bobina relés. Extraída del datasheet ADW1203HLW

Rated coil voltage	Set voltage* (at 20°C)	Reset voltage* (at 20°C)	Rated operating current ( $\pm 10\%$ , at 20°C)		Coil resistance ( $\pm 10\%$ , at 20°C)		Rated operating power		Max. allowable voltage (at 20°C)
			Set coil	Reset coil	Set coil	Reset coil	Set coil	Reset coil	
3 V DC	Max. 80% V of rated coil voltage (Initial)	Max. 80% V of rated coil voltage (Initial)	133.3 mA	133.3 mA	22.5 $\Omega$	22.5 $\Omega$	400 mW	400 mW	110% V of rated coil voltage
5 V DC			80 mA	80 mA	62.5 $\Omega$	62.5 $\Omega$			
6 V DC			66.7 mA	66.7 mA	90 $\Omega$	90 $\Omega$			
9 V DC			44.4 mA	44.4 mA	202.5 $\Omega$	202.5 $\Omega$			
12 V DC			33.3 mA	33.3 mA	360 $\Omega$	360 $\Omega$			
24 V DC			16.7 mA	16.7 mA	1,440 $\Omega$	1,440 $\Omega$			

Para garantizar la correcta activación del sistema se debe comprobar que la tensión y corriente que nos aporta el ESP32 sean suficientes. Siguiendo las características de nuestro microcontrolador (Tabla 5 y Tabla 6) vemos que no cumplen las condiciones mínimas de activación del relé (Tabla 9).

Por consiguiente, se debe implementar un *driver* que garantice una tensión suficiente en ambas bobinas del relé (Figura 8). En este circuito, formado por un transistor NPN, su base está conectada a la salida del microcontrolador mediante una resistencia para su correcta polarización. A su vez, se conectará el colector del transistor a una de las patillas negativas de la bobina. Finalmente, el emisor se conecta a masa (GND).

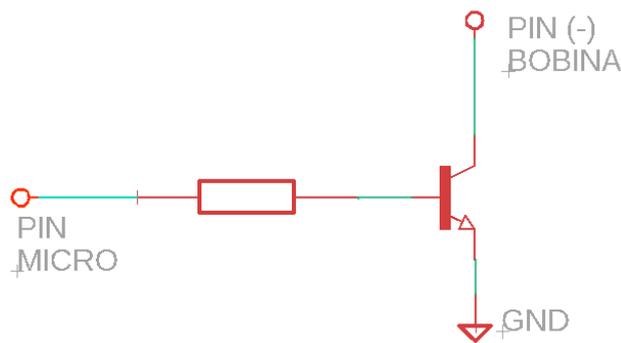


Figura 8: Circuito driver bobina de relé

Para cumplir con las características del circuito se ha optado por un transistor PBSS4310PAS-QX, el cual según su *datasheet* es capaz de manejar la tensión y corrientes de la bobina. Por otro lado, se ha escogido la resistencia CRM1206QFX-1001ELF siguiendo los cálculos de la resistencia de base con los datos del transistor y la potencia máxima que debe disipar:

$$I_B \geq \frac{I_C}{h_{FE}} = \frac{150 \text{ mA}}{325} = 0,46 \text{ mA} \quad (9)$$

Aproximamos el valor de corriente al alza para asegurar la polarización a 2 mA.

$$I_B = \frac{V_{OH_{min}} - V_{BE}}{R} = \frac{2,64 - 0,845}{R} = \frac{1,795}{R} \quad (10)$$

$$I_B = 2 \text{ mA} = \frac{1,795}{R} \rightarrow R \cong 1 \text{ k}\Omega \quad (11)$$

$$P_R = I_C \times V_{DD} = 150 \text{ mA} \times 3,3 \text{ V} = 0,33 \text{ W} \approx 0,5 \text{ W} \quad (12)$$

Para finalizar, debemos conectar un diodo de protección en paralelo a la bobina del relé. Este diodo debe cumplir con las características de tensión y corriente de la bobina del actuador, por lo que se ha elegido el diodo 1N4148WS de montaje superficial.

Con todos los elementos del sistema del actuador conectados, el diseño de esta etapa quedaría como el que vemos en la figura:

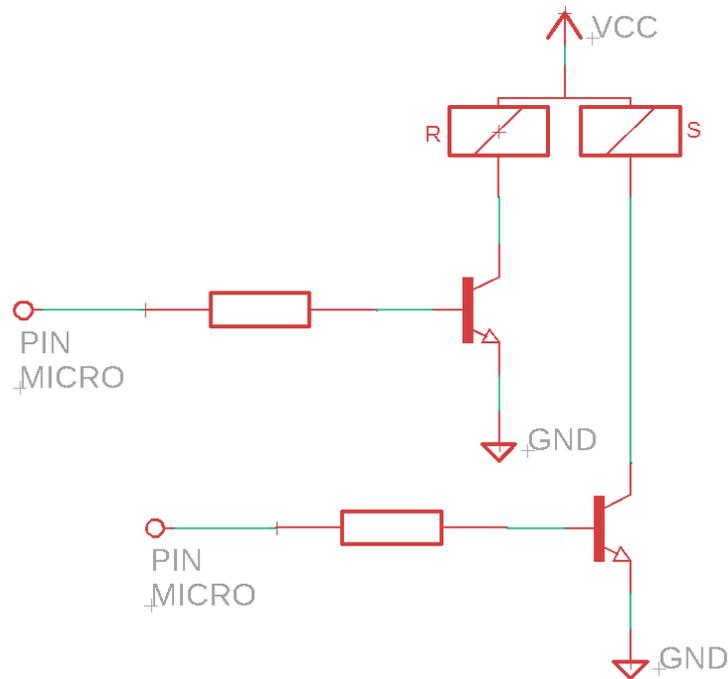


Figura 9: Circuito relé

#### 4.1.4. Fuente de alimentación

Como se ha señalado en el apartado de necesidades, el sistema no puede requerir de una fuente externa para su funcionamiento, por lo que se va a implementar en el circuito.

Siguiendo con las características eléctricas de los componentes utilizados, fijamos la tensión de salida de la fuente en  $3,3\text{ V}$ , ya que es la única tensión que se precisa en el esquema. Por otra parte, se estima que todos los componentes no superen un uso de corriente superior a los  $3\text{ A}$ .

Para facilitar su integración y no utilizar módulos ya fabricados que nos proporcionen el valor de tensión (lo cual aumentaría el tamaño y precio del diseño), se ha optado por utilizar la herramienta WEBENCH [9], la cual nos facilita el diseño de fuentes tipo AC-DC.

Se ha configurado la herramienta para que la entrada sea la tensión de red y con los parámetros de salida previamente descritos. A la hora de elegir el circuito final, los parámetros más relevantes han sido el *footprint* y el coste de materiales. Una vez se ha seleccionado el circuito a integrar, la herramienta nos proporciona datos de análisis para poder garantizar que se adapta a nuestras necesidades (Anexo 7.2).

Para concluir, se ha integrado el esquema en nuestro circuito con los propios componentes recomendados o en su defecto por otros que cumplan con las especificaciones.

#### 4.1.5. Otros dispositivos y circuito completo

Por último, antes de proceder con el diseño de la placa de circuito impreso, se va a explicar el resto de las componentes que conforman el circuito y se realizará la conexión de todos los elementos del sistema.

##### Otros dispositivos

En el esquema del proyecto, se han incluido una serie de componentes los cuales no son necesarios para su funcionamiento, pero facilitarán labores futuras tanto de diseño como de integración.

Primeramente, para facilitar la reprogramación del microcontrolador, se han incluido dos pines, tipo macho, conectados a las cabeceras Rx y Tx del microcontrolador (Figura 10); esto permitirá acceder al microcontrolador desde un programador externo sin necesidad de removerlo de la placa.



Figura 10: Conexión cabecera con los pines Rx y Tx

En segundo lugar, se han añadido dos pines para realizar la función de botón de reinicio. Uno de ellos conectado a la tensión de alimentación y el otro al pin 25 (IO0) del microcontrolador, lo que permitirá el reinicio mediante un *jumper* o elemento metálico (Figura 11).

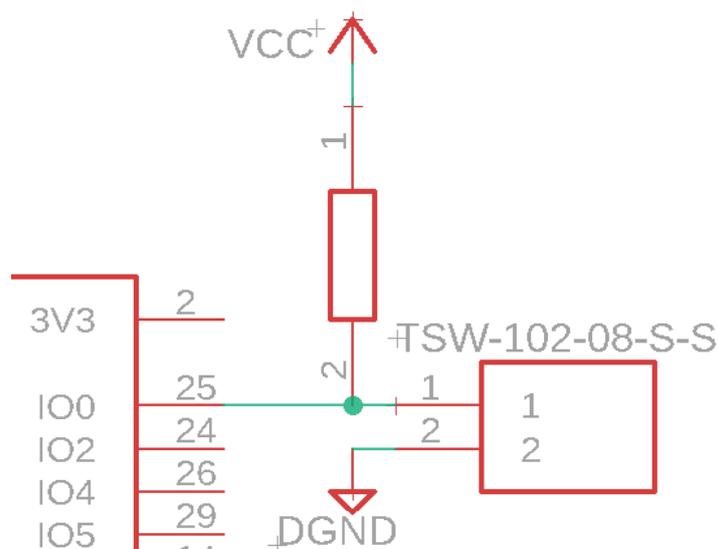


Figura 11: Circuito botón de reinicio

Por último, se han incluido dos pines con la tensión de alimentación y masa digital del sistema, facilitando así las futuras labores de diagnóstico y servicio que pueda tener el dispositivo.

### Circuito completo

Una vez presentadas todas las partes de nuestro circuito, se procede a realizar la conexión entre ellas.

Por una parte, el esquemático correspondiente a la fuente de alimentación AC-DC (Figura 12) se ha conectado siguiendo las indicaciones proporcionadas por la herramienta WEBENCH [9] (Anexo 7.2).

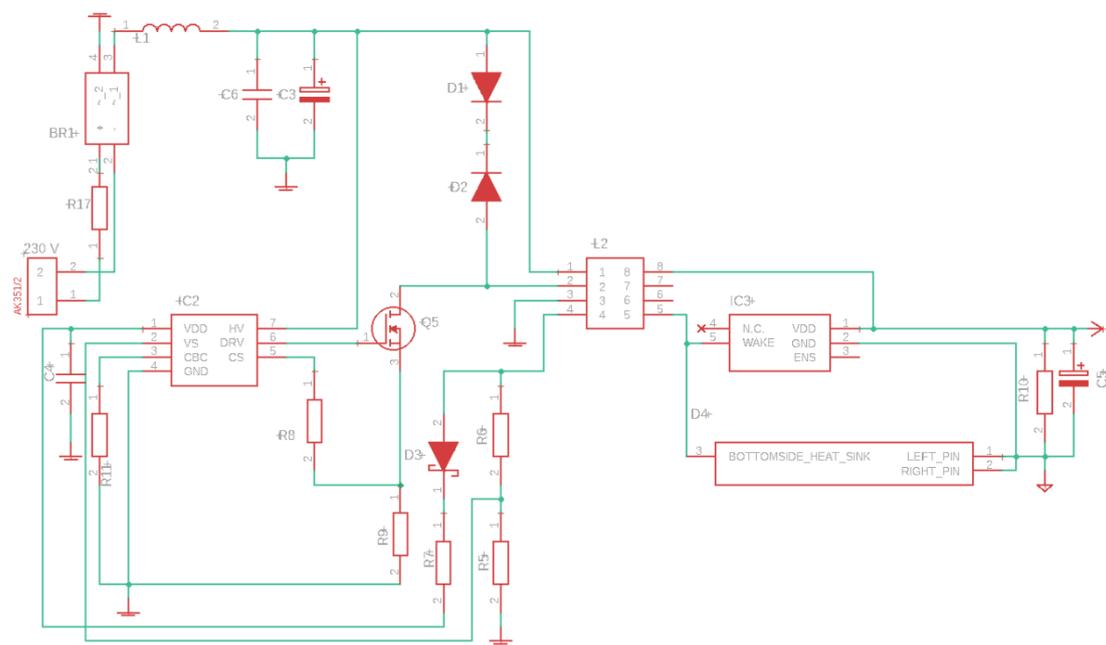


Figura 12: Circuito completo etapa de potencia

Por otra parte, el resto de los sistemas se han unido siguiendo las características del microcontrolador (Tabla 7). En la Figura 13 podemos ver como quedaría el esquemático de la etapa de control con todos los elementos conectados.

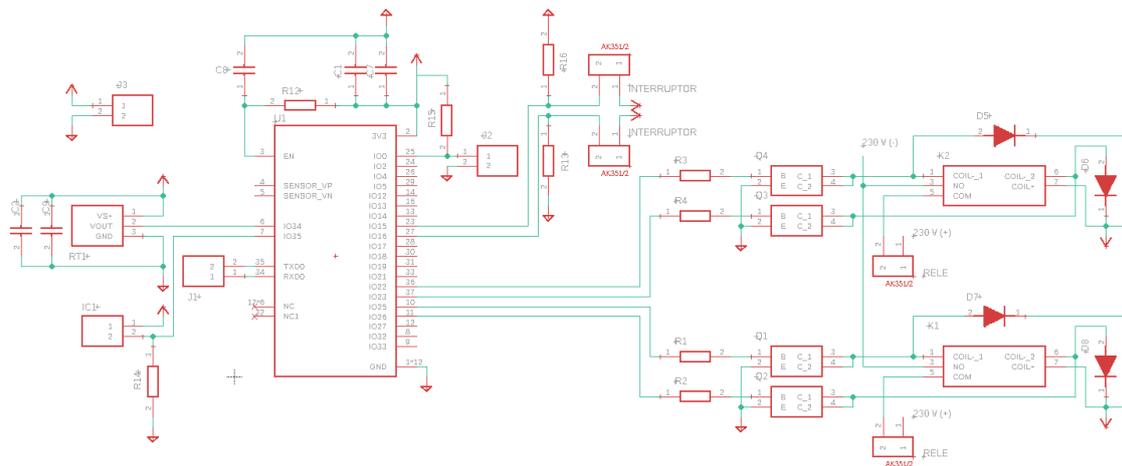


Figura 13: Circuito completo etapa de control

#### 4.1.6. Placa de circuito impreso

Una vez conectados todos los elementos del circuito, se puede proceder al diseño de la PCB. Para lograr este objetivo, al igual que en el esquemático, se ha utilizado la herramienta EAGLE de Autodesk.

En este diseño se han utilizado los componentes descritos anteriormente y en aquellos donde no se ha especificado el modelo, se han utilizado partes que cumplen con las características de diseño. La lista de componentes utilizados queda reflejada en el plano correspondiente.

##### 4.1.6.1. Distribución de los componentes

El primer paso para realizar el diseño de la PCB ha sido la distribución de los componentes siguiendo el esquemático previamente diseñado. A continuación, se han acotado unas dimensiones preliminares de la placa de circuito impreso y se han añadido los agujeros para su montaje además de redondear las aristas (Figura 14).

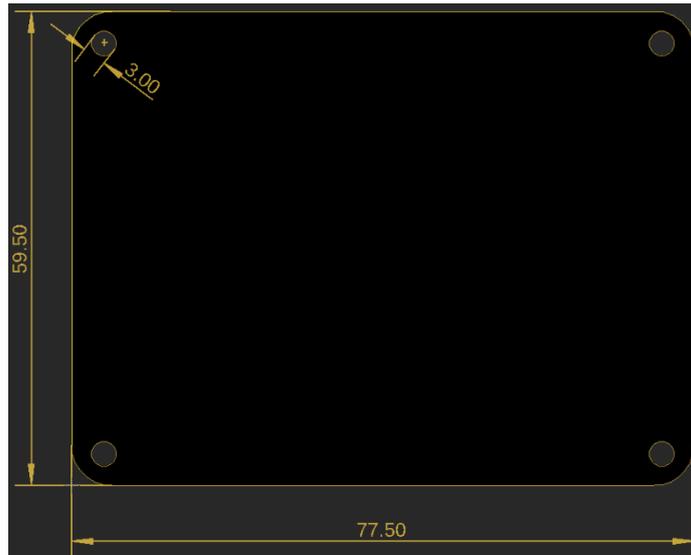


Figura 14: Dimensiones y forma de la PCB

Los componentes se han distribuido para optimizar el espacio utilizado, mejorar la integración en la vivienda, así como también para minimizar la longitud de las pistas de alto amperaje. Como resultado, los elementos de conexión se han distribuido a lo largo de la parte inferior. Empezamos por el extremo izquierdo con la entrada de corriente; a continuación, las conexiones a los relés, ya que requieren de la señal de entrada; por último, las entradas de los interruptores. En el resto del circuito, se ha intentado mantener la separación en dos partes, la correspondiente al circuito de potencia y la parte de control, siendo la distribución final de los componentes como la que podemos ver en la siguiente figura:

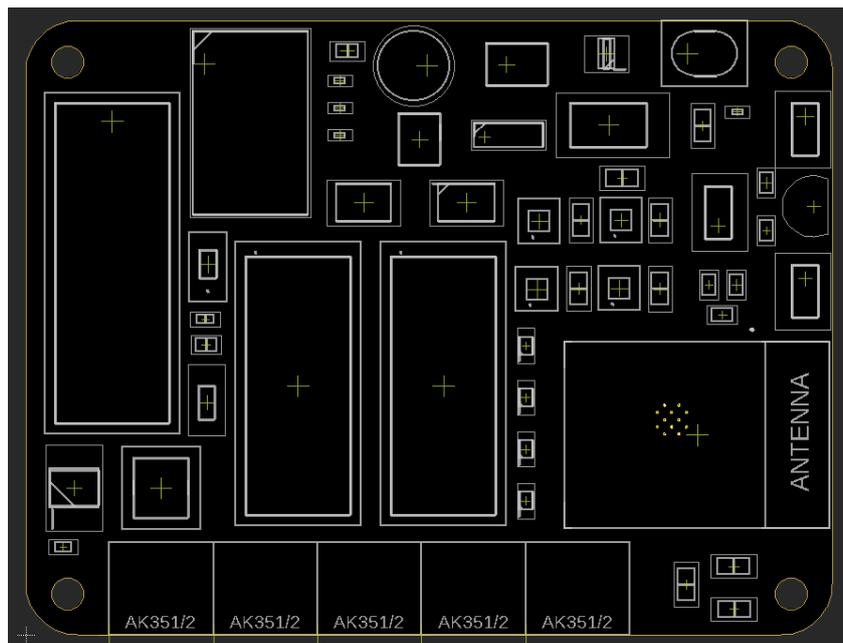


Figura 15: Distribución de los componentes de la PCB

#### 4.1.6.2. Conexiones del sistema

El siguiente paso sería realizar las conexiones del sistema. Antes de empezar a trazar las pistas, se han colocado planos de masa tipo *Hatch*, para ahorrar peso y evitar el *warping*, tanto en la parte superior como en la inferior de la placa. El tamaño y la distribución de estos planos viene dada por la ubicación de las etapas de control y potencia, ya mencionadas, quedando la placa dividida en dos partes como observamos en la Figura 16 [10].

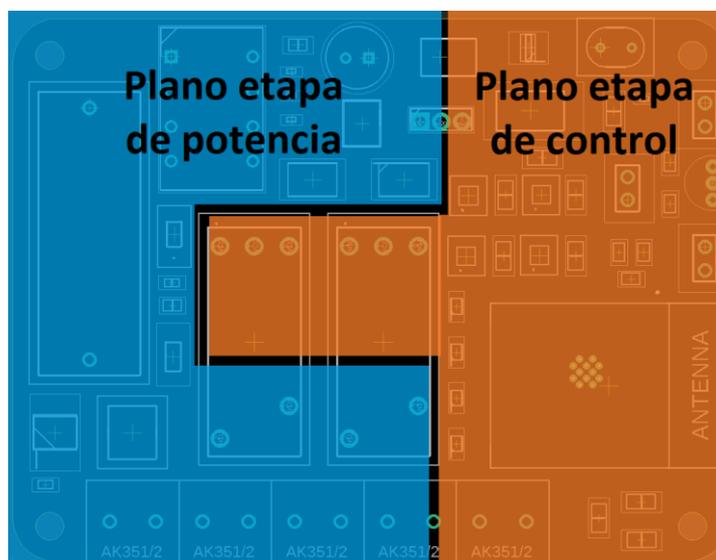


Figura 16: Zonas planos de masa PCB

Cabe destacar que se ha mantenido una separación correcta entre los planos contiguos para evitar interferencias entre estos. Se han delimitado también zonas de exclusión en el área de la antena del microcontrolador para no interferir con la señal Wi-Fi.

Con los planos de masa establecidos, atendiendo a la corriente que pasara por cada etapa, se ha predefinido un ancho de pista para cada conexión del circuito y se ha realizado el *stitching* entre los planos superior e inferior para mitigar el efecto de la impedancia entre estos. Posteriormente se han conectado todos los elementos del circuito [11]. Por último, se ha comprobado mediante la lista de errores del programa que ninguna pista quede sin conectar y que no se solape ninguna de ellas. Con todo conectado el circuito quedaría por la parte superior como el que vemos en la Figura 17 y la parte inferior como la Figura 18.

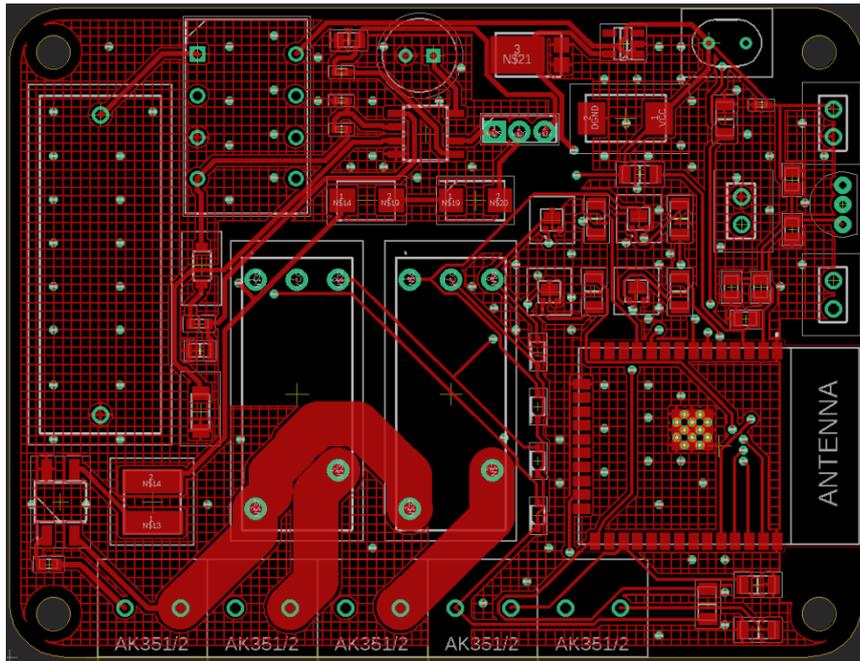


Figura 17: Vista de la capa de cobre superior de la PCB

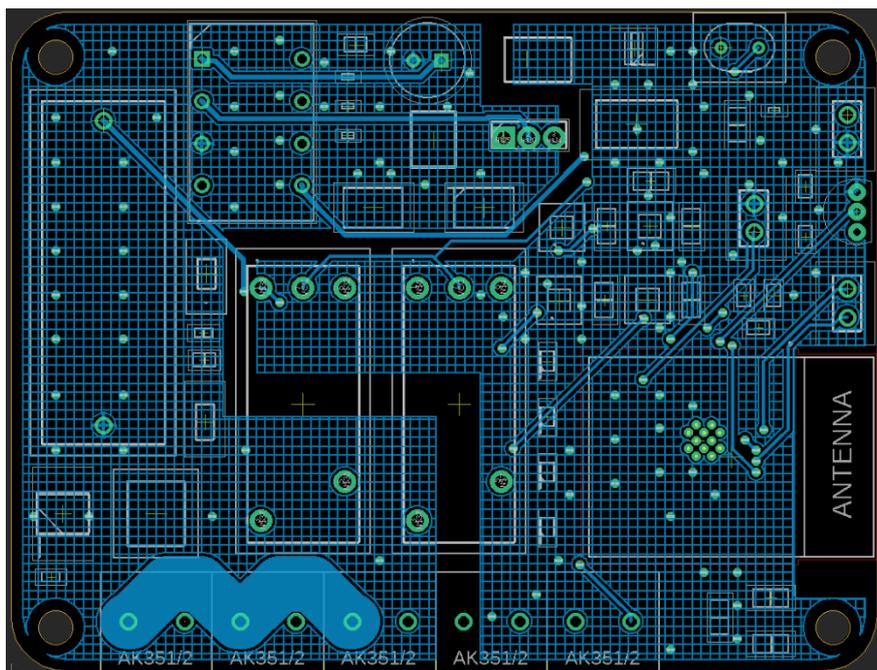


Figura 18: Vista de la capa de cobre inferior de la PCB

Como se puede ver en las figuras (Figura 17 y Figura 18), el ancho de pista que se requiere para los conectores de potencia es bastante elevado. Debido a las limitaciones de espacio, la salida de ambos actuadores está conectada en serie, por lo que, dependiendo del grosor elegido para la capa de cobre a la hora de fabricar la PCB, limitará la potencia total que puede manejar nuestro sistema.

#### 4.1.6.3. Serigrafía

Por último, se va a explicar la distribución de las etiquetas identificativas en la parte superior de la PCB.

La serigrafía de la parte superior (Figura 19) es importante para el correcto montaje de los componentes en la placa, así como para identificar pines como el Rx y Tx que facilitarán el posterior servicio del sistema. Por ello se han identificado la ubicación de los puntos de montaje de cada componente siguiendo la nomenclatura expresada en el plano correspondiente. Las etiquetas se han colocado en lugares visibles donde no queden solapadas por otros componentes o vías. Además, se ha incluido una etiqueta con la versión de la placa para facilitar futuras revisiones.

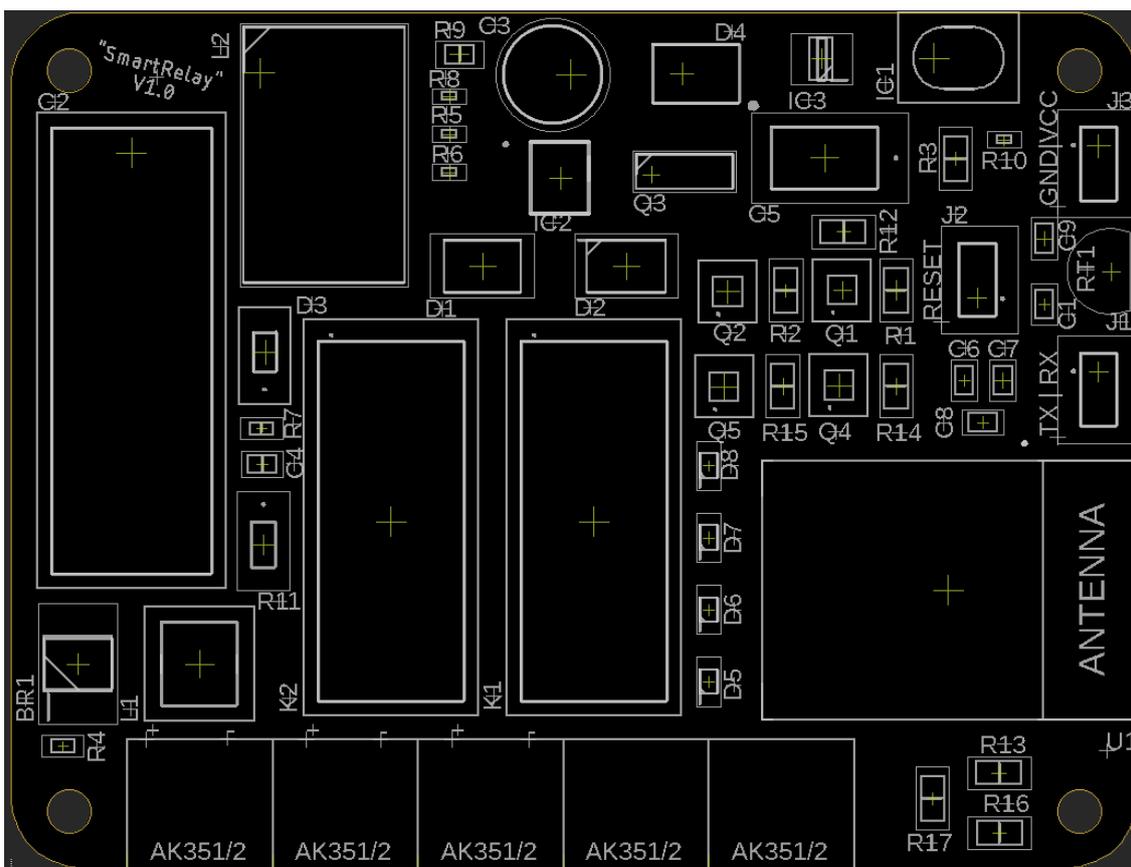


Figura 19: Serigrafía de la PCB

## 4.2. Software

A continuación, se detallan los aspectos relacionados con el desarrollo del *software*, así como los pasos para la implementación en el sistema.

### 4.2.1. Características de Hardware

Para configurar correctamente nuestro sistema, se deben tener en cuenta una serie de consideraciones para su correcto funcionamiento; por una parte, se deberá considerar dónde está conectado cada componente, y por la otra, qué señales se van a medir y si es necesario adaptarlas para su correcta adquisición.

#### Configuración de los pines

Es de vital importancia configurar los pines según las conexiones efectuadas en el apartado de *hardware*; en la Tabla 10 podemos ver tanto los pines que se han utilizado para cada componente como el modo de configuración de cada pin.

Tabla 10: Pines y su configuración utilizados en el circuito

Componente	Descripción	PIN GPIO	PIN físico	Modo
RESET	Botón de reinicio	IO0	25	Entrada
TEMP	Sensor de temperatura	IO34	6	ADC
LUX	Sensor de luminosidad	IO35	7	ADC
RELÉ	Bobina <i>set</i> relé 1	IO25	10	Salida
RELÉ	Bobina <i>reset</i> relé 1	IO26	11	Salida
RELÉ	Bobina <i>set</i> relé 2	IO22	36	Salida
RELÉ	Bobina <i>reset</i> relé 2	IO23	37	Salida
SWITCH	Interruptor 1	IO16	27	Entrada
SWITCH	Interruptor 2	IO15	28	Entrada

#### Adaptación de la señal

Las entradas con función ADC tienen un rango limitado, en la Tabla 11 podemos ver qué rangos de voltaje puede medir el canal según la atenuación que se configure. Los pines utilizados comparten el ADC1, ya que el ADC2 no se puede utilizar al mismo tiempo que la antena Wi-Fi, por lo que se va a estudiar qué rango se requiere para ambos sensores y se configurará el registro del ADC1 acorde a ello [12].

Tabla 11: Rango de tensión medible según la configuración de la atenuación

Atenuación	Rango de tensión
Atten = 0; (0 dB)	100 ~ 950 mV
Atten = 1; (2,5 dB)	100 ~ 1250 mV
Atten = 2; (6 dB)	150 ~ 1750 mV
Atten = 3; (11 dB)	150 ~ 2450 mV

Por un lado, tenemos el sensor de luminosidad cuyos valores máximo y mínimo son:  $V_{LDR_{min}} = 0,065 V$  y  $V_{LDR_{max}} = 1,27 V$ , el rango de valores que más se ajusta es el correspondiente a una atenuación de 2,5 dB. En este caso no seremos capaces de medir todos los valores por debajo de los 100 mV y por encima de 1,25 V, perdiendo parte del rango de medición. Dado que el ámbito de la aplicación del sistema no requiere de precisión a la hora de medir estos valores, la pérdida en el rango de adquisición no será un problema.

Por otro lado, la medición de temperatura viene dada por el sensor TMP36. En el *datasheet*, vemos que el sensor presenta una sensibilidad de 10 mV/°C y tiene un offset de 500 mV, lo que nos servirá para medir temperaturas bajas. Para la misma configuración del ADC1 del caso anterior, podemos calcular el rango de temperaturas que se podrán medir:

$$T = \frac{V_{TMP36} - 500}{10} \quad (13)$$

$$V_{TMP36_{max}}(1250 \text{ mV}) \rightarrow T = \frac{1250 - 500}{10} = 75 \text{ }^\circ\text{C} \quad (14)$$

$$V_{TMP36_{min}}(100 \text{ mV}) \rightarrow T = \frac{100 - 500}{10} = -40 \text{ }^\circ\text{C} \quad (15)$$

Este rango (-40 a 75 °C), cubre las necesidades del proyecto. Como la adquisición en ambos sensores está dentro de los parámetros de diseño, se configurará el ADC1 con una atenuación de 2,5 dB.

Por último, para tratar correctamente la información, se deberá tener en cuenta la conversión de la señal medida a voltaje. Teniendo en cuenta que el ADC del ESP32 es de 12 bits ( $2^{12} = 4096$ ), se deberá convertir el valor del sensor a voltaje según la ecuación (16) [13].

$$V_{ADC} = \frac{ADC \times 3,3}{4095} \quad (16)$$

### 4.2.1. Diagrama de flujo

Seguidamente se va a presentar el comportamiento del sistema. Aunque se pretende que el sistema sea reprogramable por parte del usuario, se van a implementar dos rutinas básicas para el encendido de los actuadores según la temperatura y luminosidad externas. El código puesto en práctica correspondiente a ambos diagramas descritos está reflejado en el Anexo 7.3.

#### Temperatura

En cuanto a la medición de temperatura, se va a establecer un código que haga uso del sensor TMP36 para adquirir la temperatura externa en un intervalo de tiempo determinado, y comparando dicha temperatura a un valor objetivo preestablecido. Si dicha temperatura es inferior al objetivo<sup>1</sup>, el control activará un actuador (conectado a un elemento calefactable externo<sup>2</sup>); del mismo modo, si la temperatura es superior, el control desactivará el actuador. En la Figura 20 podemos ver el diagrama de flujo que describe este comportamiento.

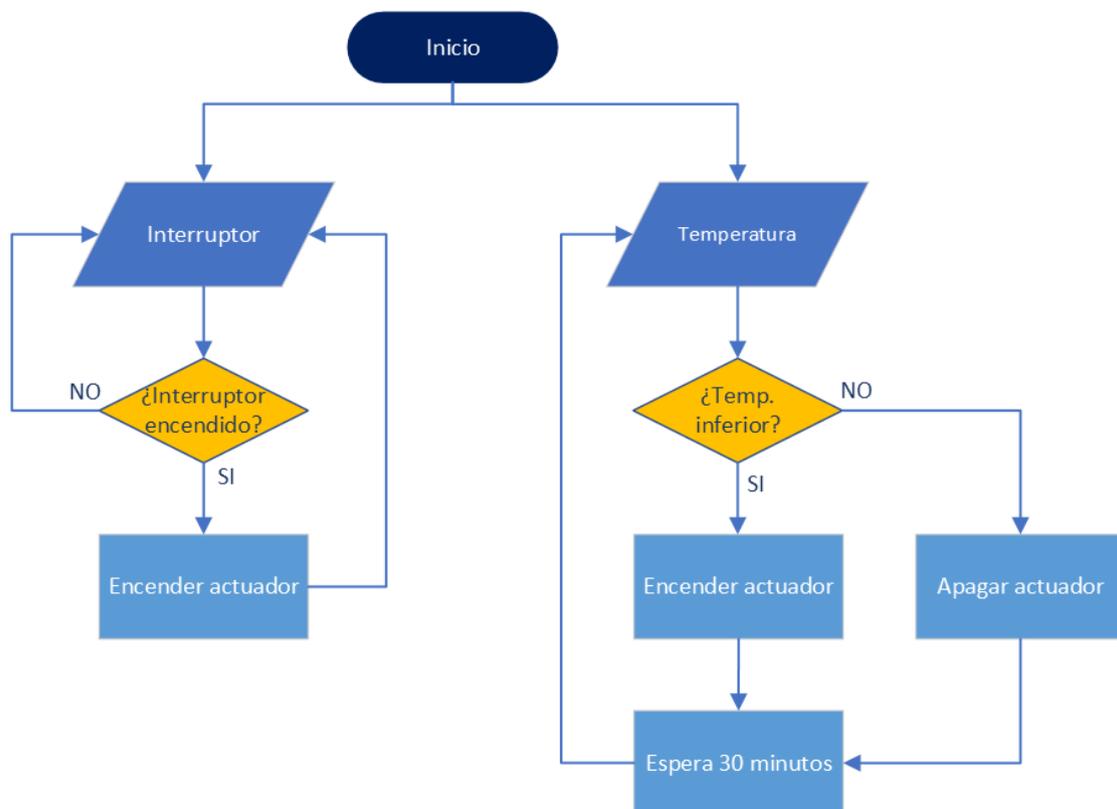


Figura 20: Diagrama de flujo del sistema de medición de la temperatura

<sup>1</sup> Es posible configurarlo en el caso contrario.

<sup>2</sup> Algunos ejemplos de aplicación en el entorno doméstico son: dispositivos calefactables sin regulador de temperatura, control de ventilación en viviendas bioclimáticas, automatización de toldos en ventanas.

## Luminosidad

Respecto al control de luminosidad, el comportamiento es similar al anterior, con la adición de una variable horaria. El actuador se encenderá o apagará si se encuentra dentro de un rango horario además de comprobar la luminosidad<sup>3</sup>. En este caso, ambas variables deberán estar en el rango determinado para que el actuador funcione. La Figura 21 muestra el comportamiento del sistema.

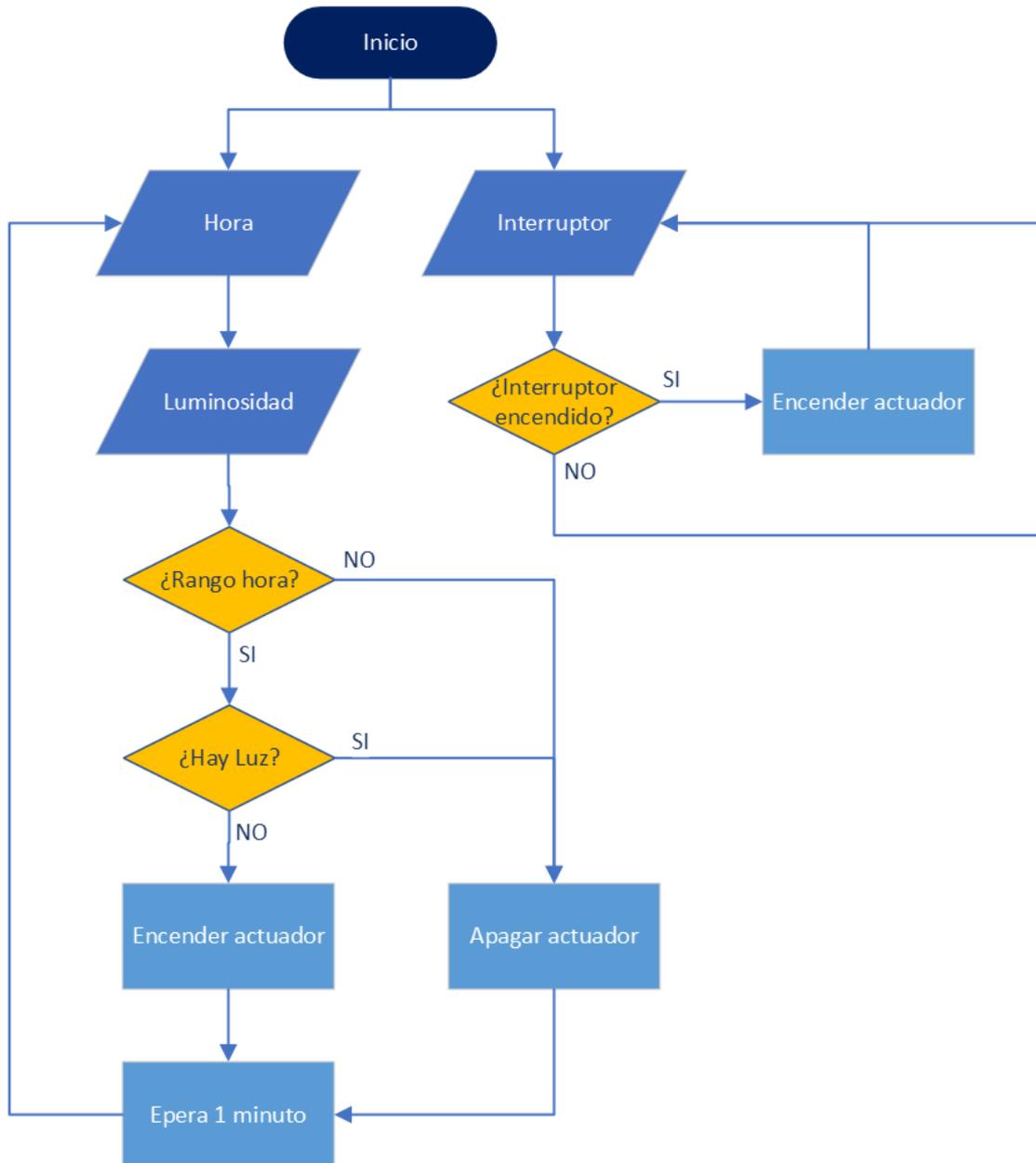


Figura 21: Diagrama de flujo del sistema de medición de luminosidad

<sup>3</sup> Algunos ejemplos de aplicación en el entorno doméstico son: encendido de iluminación en estancias, control de sistemas de riego, automatización de toldos en ventanas.

### 4.3. Chasis

El encapsulado ha sido logrado usando el *software* Fusion 360. El diseño se ha centrado en mantener un tamaño reducido y estético, el cual se integre en la vivienda con facilidad sin destacar demasiado, priorizando la funcionalidad y facilidad de uso para los usuarios. Las medidas de cada una de las partes se especifican en los planos correspondientes a tal efecto, pero podemos ver una aproximación de las medidas finales del sistema completo, así como el resultado final una vez montado.

El conjunto, formado por la PCB, la tornillería y el chasis, inferior y superior, una vez instalado quedaría como el que podemos ver en la Figura 22, cuyas medidas son de  $83 \times 65 \times 29,5 \text{ mm}$  sin tener en cuenta el espacio que puedan ocupar los cables instalados en las cabeceras.

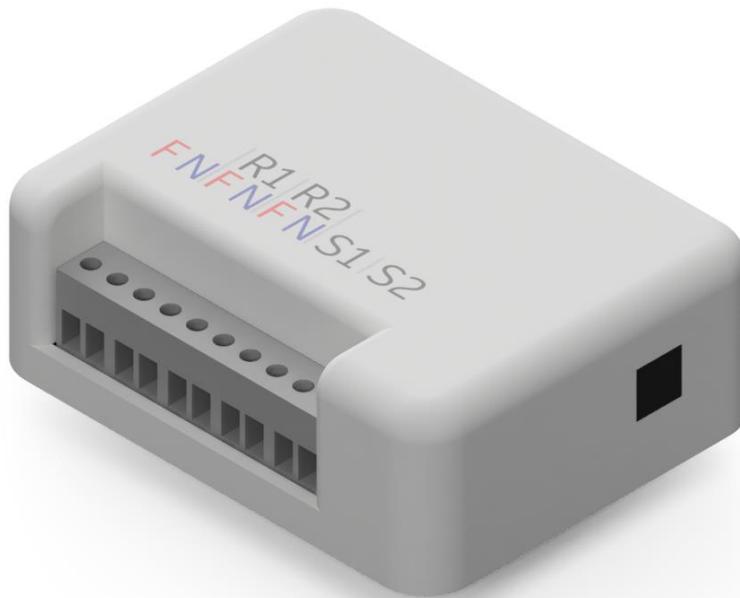


Figura 22: Renderizado del sistema completamente montado

La parte inferior del chasis (Figura 23), por una parte, alberga los agujeros de montaje que permiten la sujeción de la PCB con tornillos de métrica tres (M3) con una longitud máxima de  $5 \text{ mm}$ . Estos puntos de montaje se han separado de la parte inferior para asegurar que ninguna patilla de los componentes *through hole* esté en contacto con el plástico inferior. Por otra parte, aunque se recomienda el montaje mediante cinta adhesiva de doble cara, posee orificios para montar el dispositivo en una superficie plana mediante tornillos de M3.



Figura 23: Renderizado del chasis inferior

El chasis superior (Figura 24), se inserta a presión en la parte inferior por lo que no requiere de agujeros de montaje.

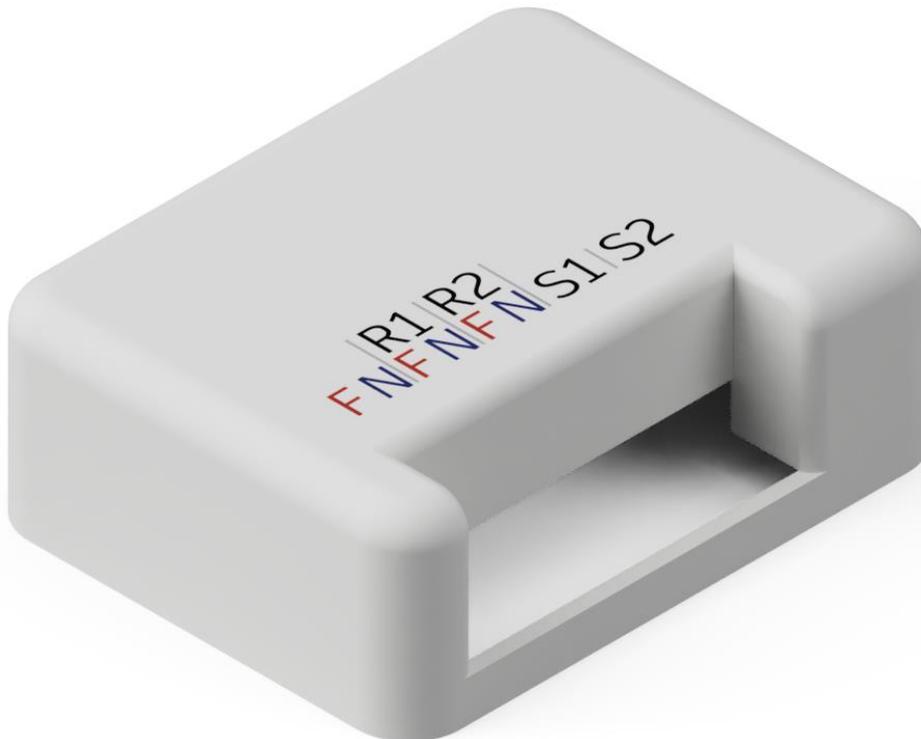


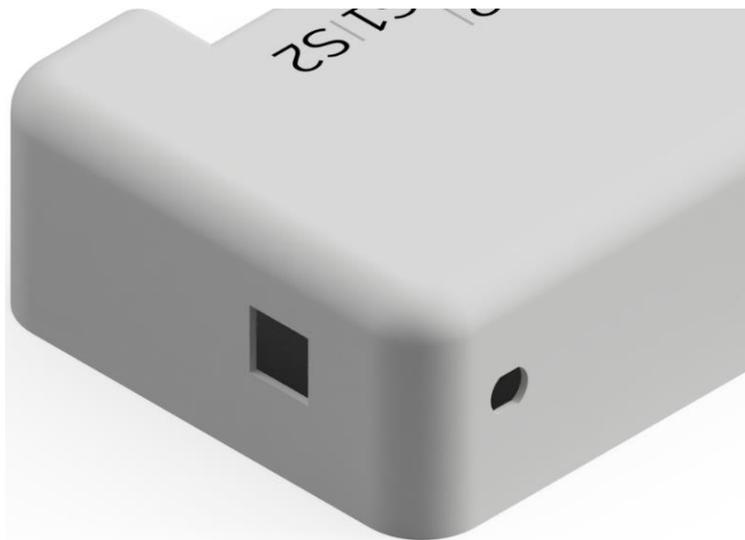
Figura 24: Renderizado del chasis superior

Como se ha visto en el apartado de la fabricación de la PCB, las cabeceras de conexión se han ubicado en la parte inferior. Para facilitar el acceso a estas, el diseño deja su parte superior expuesta e incluye una pegatina identificativa para indicar para qué sirve cada cabecera (Figura 25).



*Figura 25: Renderizado de la parte superior del chasis*

Para concluir con la tapa superior, se han incorporado los agujeros que permitirán la medición de las variables externas tanto de temperatura como de luminosidad (Figura 26).



*Figura 26: Renderizado agujeros para sensores en el chasis superior*

Para finalizar, en cuanto al método de fabricación, aunque es posible la fabricación mediante técnicas aditivas, se recomienda la fabricación mediante inyección plástica para garantizar las tolerancias en los puntos que se montan a presión [14]. En cuanto al material utilizado, se debe valorar la resistencia a la temperatura por lo que materiales como el ABS, ASA o similares son los adecuados debido a sus propiedades mecánicas, térmicas y su precio asequible. Estos componentes pueden ser de origen reciclado para fomentar la sostenibilidad y cumplir con los objetivos de desarrollo sostenible.

## 5. Conclusiones

En resumen, en este trabajo se ha logrado el diseño de un sistema domótico para la plataforma Home Assistant, mediante el desarrollo de una solución embebida que integra los distintos componentes que requiere el sistema.

Respecto al desarrollo del circuito, se ha realizado un estudio previo para ver las posibles alternativas a la hora de plantear el esquema electrónico (apartado de Antecedentes); entre estas se eligió, para el método de conexión, una conexión tipo Wi-Fi ya que es fácil de integrar, y para el microcontrolador, un ESP32 debido a su bajo costo y fácil implementación. Para la elección de los componentes primaron los aspectos de tamaño y costo, por consiguiente, en el apartado de la “Placa de circuito impreso” se logró un diseño compacto e integrado.

En cuanto a la inclusión del *firmware*, se ha logrado el desarrollo de un código que posibilita una rutina de automatización al mismo tiempo que permite la interacción directa por parte del usuario. Gracias a la presencia de dos actuadores, ha sido posible integrar dos rutinas en paralelo facilitando la interacción simultánea con dos sistemas independientes.

Para finalizar con la “Descripción de la solución adoptada”, se ha desarrollado un chasis que protege todos los componentes y al igual que en la PCB, se ha enfocado el diseño en mantener un tamaño compacto y de fácil integración como se puede ver en el apartado de “Chasis”.

No obstante, este trabajo presenta alguna limitación y requiere de estudios futuros para analizar su viabilidad. El espesor de las pistas en la fabricación de la placa de circuito impreso determinará la corriente total que puede manejar nuestro circuito. Asimismo, en líneas futuras se requiere de un estudio que analice la temperatura de trabajo del sistema para garantizar su estabilidad en un periodo de tiempo elevado cuando esté sujeto a una carga constante.

## 6. Referencias bibliográficas

- [1] H. Assistant, «Home Assistant», *Home Assistant*. <https://www.home-assistant.io/> (accedido 15 de junio de 2023).
- [2] «ESPHome», *ESPHome*. <https://esphome.io/index.html> (accedido 15 de junio de 2023).
- [3] «Discover Zigbee Protocol 3.0». <https://www.digi.com/solutions/by-technology/zigbee-wireless-standard> (accedido 15 de junio de 2023).
- [4] «2.1 ZigBee Network Characteristics | Introduction to the ZigBee Wireless Sensor and Control Network | InformIT». <https://www.informit.com/articles/article.aspx?p=1409785&seqNum=2> (accedido 25 de mayo de 2023).
- [5] «Arduino Nano 33 IoT», *Arduino Official Store*. <https://store.arduino.cc/products/arduino-nano-33-iot> (accedido 25 de mayo de 2023).
- [6] «ESP32 Wi-Fi & Bluetooth Modules | Espressif». <https://www.espressif.com/en/products/modules/esp32> (accedido 15 de junio de 2023).
- [7] «STM32F4 - ARM Cortex-M4 High-Performance MCUs - STMicroelectronics». <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32f4-series.html> (accedido 15 de junio de 2023).
- [8] S. Sattel, «What Are Decoupling Capacitors in 5 Minutes | EAGLE | Blog», *Fusion 360 Blog*, 28 de julio de 2017. <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/blog/what-are-decoupling-capacitors/> (accedido 15 de junio de 2023).
- [9] «Power Designer». <https://webench.ti.com/power-designer/> (accedido 15 de junio de 2023).
- [10] «Splitting Planes—The Good, The Bad And The Ugly», *Altium*, 3 de diciembre de 2019. <https://resources.altium.com/p/splitting-planes-good-bad-and-ugly> (accedido 6 de junio de 2023).
- [11] «The Importance of PCB Trace Widths in PCB Design». <https://www.sfcircuits.com/pcb-school/pcb-trace-widths> (accedido 15 de junio de 2023).
- [12] «Analog to Digital Converter (ADC) - ESP32 - — ESP-IDF Programming Guide v4.4 documentation». <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/v4.4/esp32/api-reference/peripherals/adc.html> (accedido 15 de junio de 2023).
- [13] «Analog to Digital Conversion - SparkFun Learn». <https://learn.sparkfun.com/tutorials/analog-to-digital-conversion/relating-adc-value-to-voltage> (accedido 15 de junio de 2023).
- [14] «3D Printing vs. Plastic Injection Molding: Differences and Comparison». <https://www.xometry.com/resources/3d-printing/3d-printing-vs-plastic-injection-molding/> (accedido 15 de junio de 2023).
- [15] «ODS 7 Energía asequible y no contaminante | Pacto Mundial ONU», *Pacto Mundial*. <https://www.pactomundial.org/ods/7-energia-asequible-y-no-contaminante/> (accedido 15 de junio de 2023).
- [16] «ODS 9 Industria, innovación e infraestructura | Pacto Mundial ONU», *Pacto Mundial*. <https://www.pactomundial.org/ods/9-industria-innovacion-e-infraestructura/> (accedido 15 de junio de 2023).

[17] «ODS 11 Ciudades y comunidades sostenibles | Pacto Mundial ONU», *Pacto Mundial*. <https://www.pactomundial.org/ods/11-ciudades-y-comunidades-sostenibles/> (accedido 29 de junio de 2023).

[18] «ODS 12 Producción y consumo responsables | Pacto Mundial ONU», *Pacto Mundial*. <https://www.pactomundial.org/ods/12-produccion-y-consumo-responsables/> (accedido 15 de junio de 2023).

## 7. Anexos

En este apartado de anexos, se presentan diversos materiales que complementan la información expuesta en el cuerpo principal de este trabajo.

### 7.1. Objetivos de desarrollo sostenible

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) constituyen un llamamiento universal a la acción para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y mejorar las vidas y las perspectivas de las personas en todo el mundo. En 2015 todos los estados miembros de las Naciones Unidas aprobaron 17 objetivos como parte de la agenda 2030.

Este proyecto fomenta algunos de los principios planteados en tal agenda (Tabla 12), tales como el ahorro energético y la creación de infraestructuras sostenibles. En este sentido, permite que elementos del hogar funcionen únicamente cuando sea necesario, y minimiza los desechos electrónicos, debido a que integra en un mismo dispositivo actuadores y sensores. Estos objetivos coinciden con los siguientes ODS:

- ODS 7 (Energía asequible y no contaminante): Busca garantizar el acceso universal a una energía asequible, confiable y sostenible. Esto implica cumplir una serie de objetivos como promover el uso de fuentes de energía renovable, mejorar la eficiencia energética y ampliar la infraestructura de energía en los países en desarrollo [15].

- ODS 9 (Industria innovación e infraestructura): Intenta crear infraestructuras sostenibles, resilientes y de alta calidad para todos, fomentar la innovación, la tecnología y la investigación, y garantizar un acceso igualitario a la información y al conocimiento, principalmente a través de Internet [16].

- ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles): Se enfoca en crear entornos urbanos seguros, inclusivos y sostenibles para mejorar la calidad de vida de las personas y proteger el patrimonio cultural y natural [17].

- ODS 12 (Producción y consumo responsables): Tiene como objetivo conseguir sostenibilidad en la producción y consumo. Por lo que se intenta evitar el desperdicio y fomentar un uso eficiente de los recursos naturales [18].

Tabla 12: Grado de relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Objetivos de desarrollo sostenible	Alto	Medio	Bajo	No procede
ODS 1. <b>Fin de la pobreza</b>				x
ODS 2. <b>Hambre cero</b>				x
ODS 3. <b>Salud y bienestar</b>		x		
ODS 4. <b>Educación de calidad</b>				x
ODS 5. <b>Igualdad de género</b>				x
ODS 6. <b>Agua limpia y saneamiento</b>				x
ODS 7. <b>Energía asequible y no contaminante</b>	x			
ODS 8. <b>Trabajo decente y crecimiento económico</b>			x	
ODS 9. <b>Industria, innovación e infraestructuras</b>	x			
ODS 10. <b>Reducción de las desigualdades</b>			x	
ODS 11. <b>Ciudades y comunidades sostenibles</b>	x			
ODS 12. <b>Producción y consumo responsables</b>	x			
ODS 13. <b>Acción por el clima</b>		x		
ODS 14. <b>Vida submarina</b>			x	
ODS 15. <b>Vida de ecosistemas terrestres</b>			x	
ODS 16. <b>Paz, justicia e instituciones sólidas</b>				x
ODS 17. <b>Alianzas para lograr objetivos</b>				x

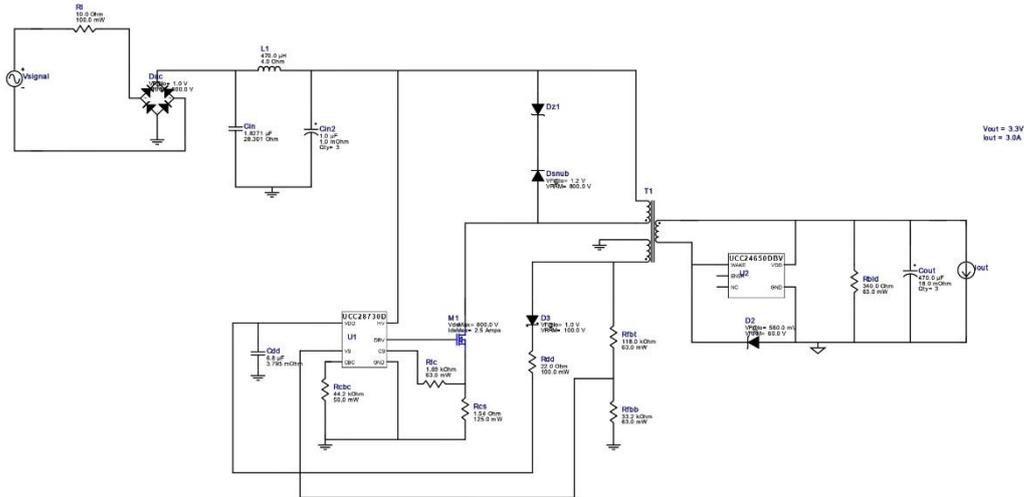
## 7.2. Datos extraídos de WEBENCH

VinMin = 220.0V  
 VinMax = 240.0V  
 Vout = 3.3V  
 Iout = 3.0A

Device = UCC28730DR  
 Topology = Flyback  
 Created = 2023-04-19 05:37:40.534  
 BOM Cost = NA  
 BOM Count = 26  
 Total Pd = 2.81W

### WEBENCH® Design Report

Design : 25 UCC28730DR  
 UCC28730DR 220V-240V to 3.30V @ 3A



1. Rbld is a starting point, but may need to be experimented with in order to get minimum current needed to hold Vout at no load. Ric and the feedback resistors may also need adjustment based on the actual transformer used. It is recommended to start this device at light load condition. There is an internal series resistance of 28 kOhms to the CBC pin which sets a maximum cable compensation of a 5V output to 400 mV when CBC is shorted to ground. For more information please click the design assistance button.

2. Click on the transformer symbol and select 'Design Transformer' to design using specific transformer cores and bobbin

### Design Alerts

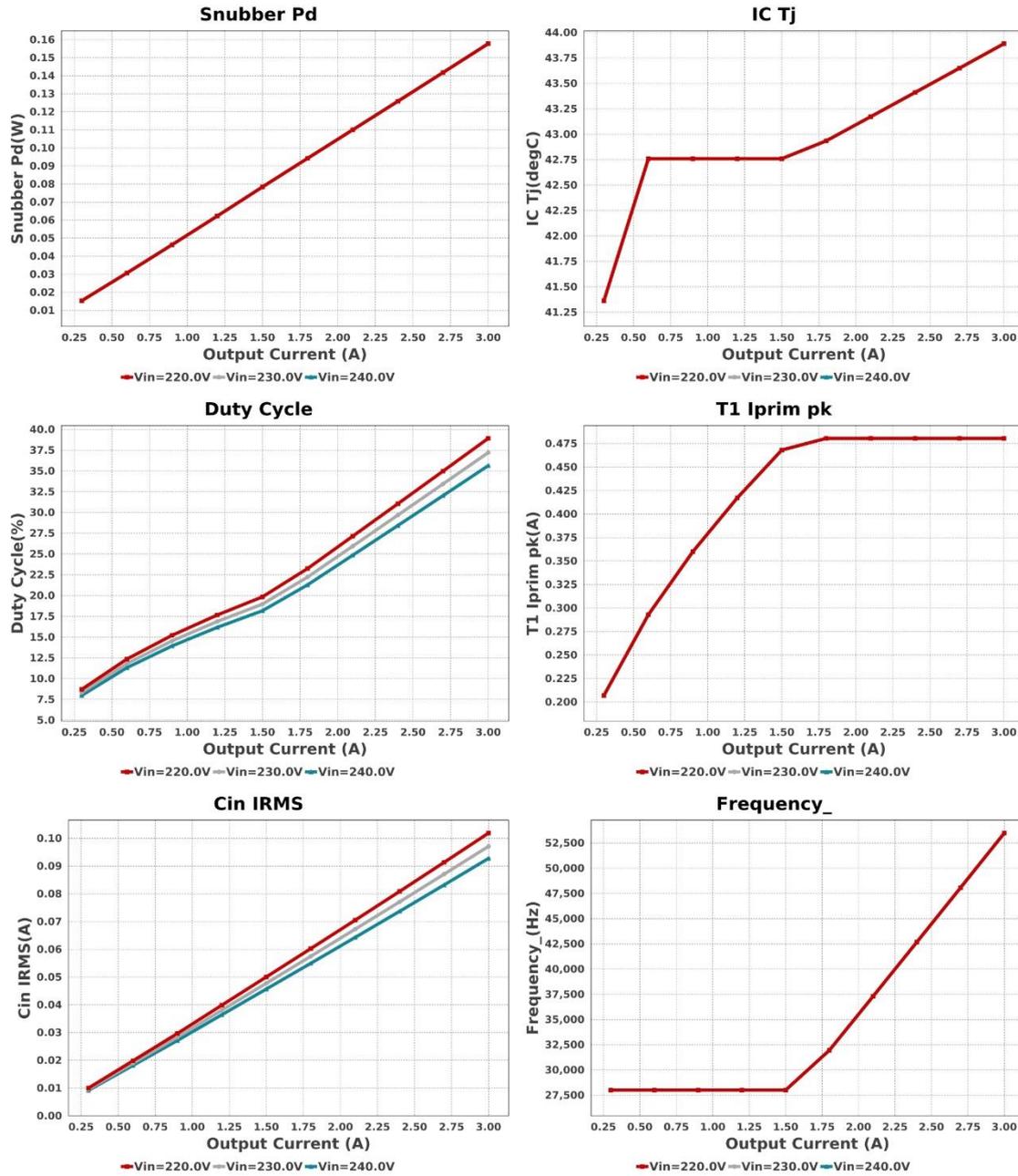
#### Component Selection Information

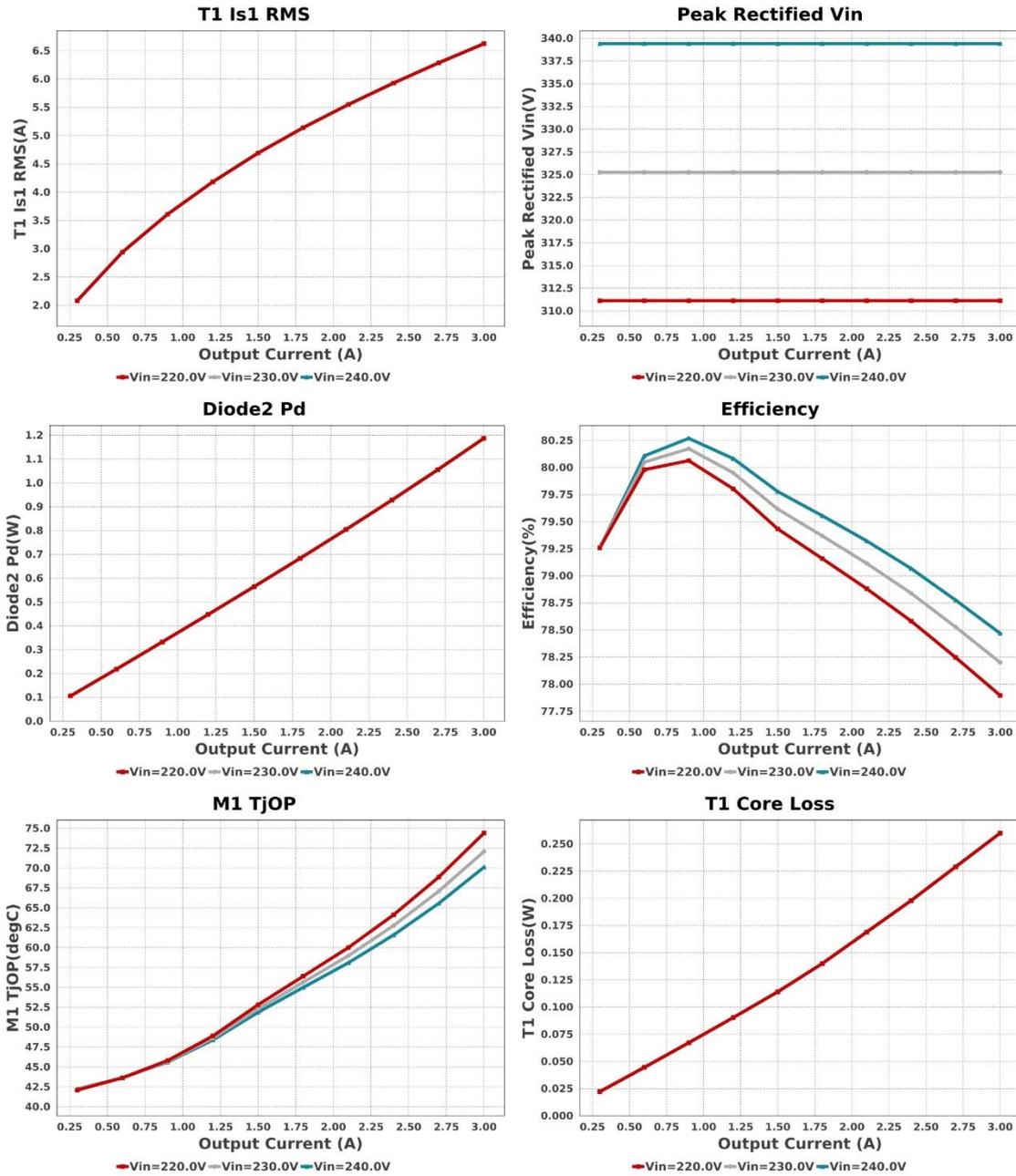
Click on the transformer symbol in the schematic and select "Explore Transformer Core/Bobbin Selection" to design using specific transformer cores and bobbin.

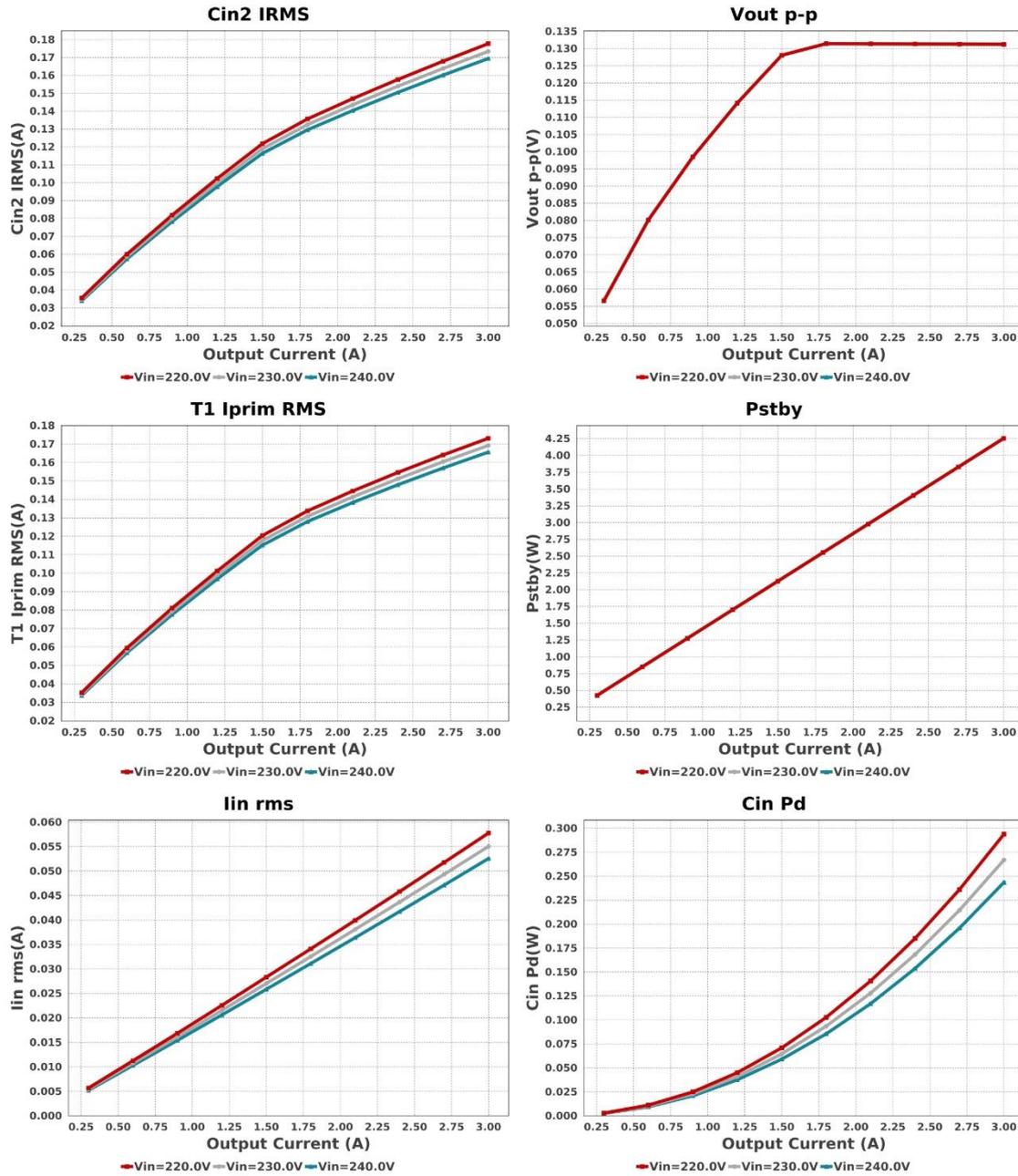
### Electrical BOM

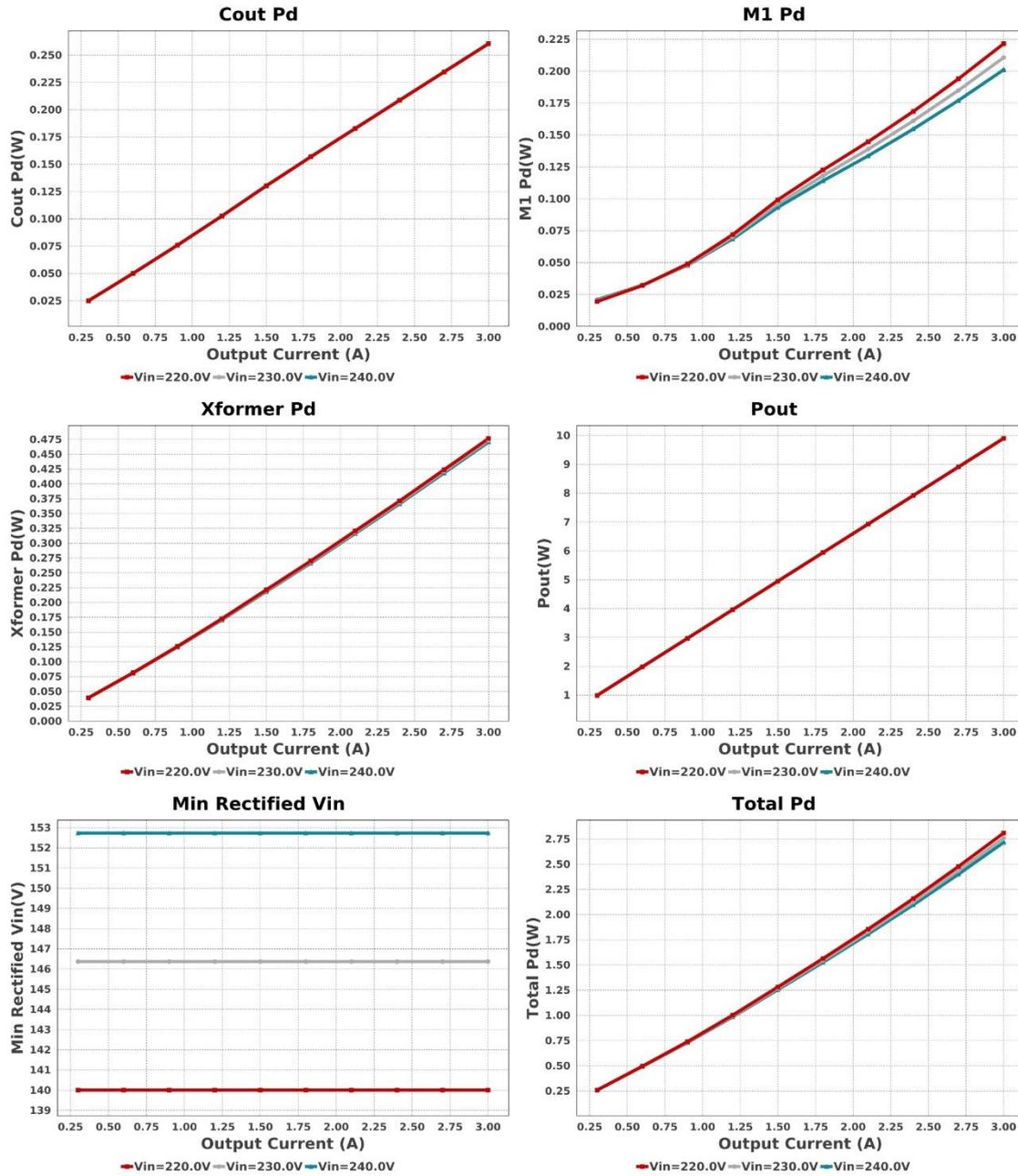
Name	Manufacturer	Part Number	Properties	Qty	Price	Footprint
Cdd	TDK	C2012X5R1V685K125AC Series= X5R	Cap= 6.8 uF ESR= 3.795 mOhm VDC= 35.0 V IRMS= 3.3493 A	1	\$0.17	0805 7 mm <sup>2</sup>
Cin	CUSTOM	CUSTOM Series= ?	Cap= 1.8271 uF ESR= 28.301 Ohm VDC= 356.38 V IRMS= 35.487 mA	1	NA	CUSTOM 0 mm <sup>2</sup>
Cin2	Chemi-Con	EKMG401ELL1R0MF11D Series= 2200	Cap= 1.0 uF ESR= 1.0 mOhm VDC= 400.0 V IRMS= 15.0 mA	3	\$0.29	KMG_630X1100 69 mm <sup>2</sup>
Cout	Panasonic	6TPE470MI Series= TPE	Cap= 470.0 uF ESR= 18.0 mOhm VDC= 6.3 V IRMS= 3.5 A	3	\$1.34	7343-43 59 mm <sup>2</sup>
D2	Diodes Inc.	PDS760-13	VF@Io= 560.0 mV VRRM= 60.0 V	1	\$0.36	PowerDI5 50 mm <sup>2</sup>

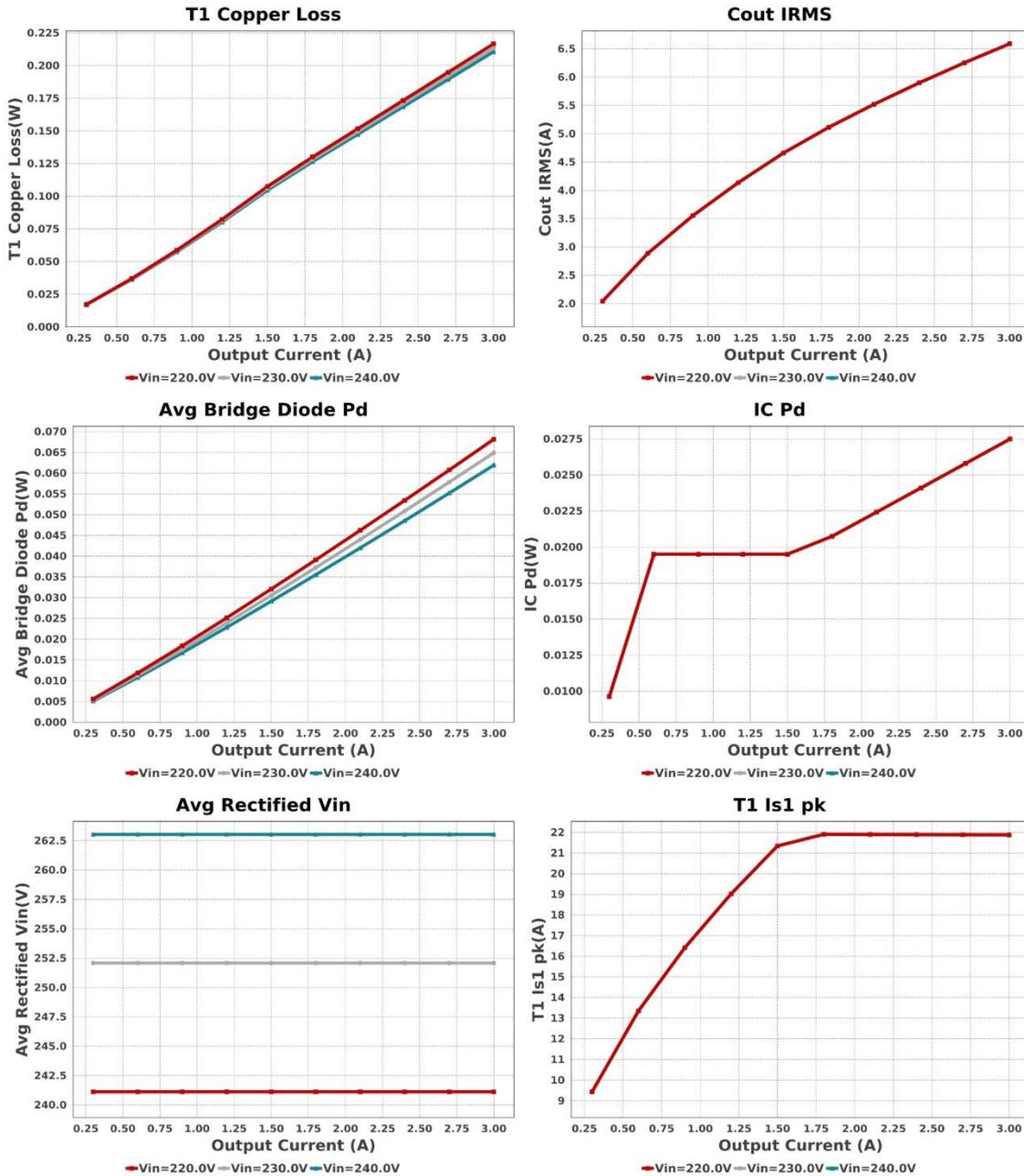
Name	Manufacturer	Part Number	Properties	Qty	Price	Footprint
D3	Comchip Technology	CDBW46-G	VF@Io= 1.0 V VRRM= 100.0 V	1	\$0.04	 SOD-123 13 mm <sup>2</sup>
Dac	Diodes Inc.	HD06-T	VF@Io= 1.0 V VRRM= 600.0 V	1	\$0.15	 MiniDIP 62 mm <sup>2</sup>
Dsnub	Microsemi	UFS180JE3/TR13	VF@Io= 1.2 V VRRM= 800.0 V	1	\$0.95	 DO-214BA 42 mm <sup>2</sup>
Dz1	Diodes Inc.	SMBJ150A-13-F	Zener	1	\$0.10	 SMB 44 mm <sup>2</sup>
L1	NIC Components	NPI54C471KTRF	L= 470.0 µH 4.0 Ohm	1	\$0.09	 IND_NPI54C 61 mm <sup>2</sup>
M1	STMicroelectronics	STD3NK80Z-1	VdsMax= 800.0 V IdsMax= 2.5 Amps	1	\$1.11	 IPAK 37 mm <sup>2</sup>
Rbld	Vishay-Dale	CRCW0402340RFKED Series= CRCW..e3	Res= 340.0 Ohm Power= 63.0 mW Tolerance= 1.0%	1	\$0.01	 0402 3 mm <sup>2</sup>
Rcs	Yageo	RC0805FR-071R54L Series= ?	Res= 1.54 Ohm Power= 125.0 mW Tolerance= 1.0%	1	\$0.01	 0805 7 mm <sup>2</sup>
Rdd	Yageo	RC0603FR-0722RL Series= ?	Res= 22.0 Ohm Power= 100.0 mW Tolerance= 1.0%	1	\$0.01	 0603 5 mm <sup>2</sup>
Rfbf	Vishay-Dale	CRCW040233K2FKED Series= CRCW..e3	Res= 33.2 kOhm Power= 63.0 mW Tolerance= 1.0%	1	\$0.01	 0402 3 mm <sup>2</sup>
Rfbt	Vishay-Dale	CRCW0402118KFKEKED Series= CRCW..e3	Res= 118.0 kOhm Power= 63.0 mW Tolerance= 1.0%	1	\$0.01	 0402 3 mm <sup>2</sup>
RI	Vishay-Dale	CRCW060310R0FKEA Series= CRCW..e3	Res= 10.0 Ohm Power= 100.0 mW Tolerance= 1.0%	1	\$0.01	 0603 5 mm <sup>2</sup>
Rlc	Vishay-Dale	CRCW04021K69FKED Series= CRCW..e3	Res= 1.69 kOhm Power= 63.0 mW Tolerance= 1.0%	1	\$0.01	 0402 3 mm <sup>2</sup>
T1	Core=TDK , CoilFormer=TDK	Core=B66307G0000X187 , CoilFormer=B66308W1108T001	Lp= 2.555 mH Turns Ratio(Nas)= 15:3 Turns Ratio(Nps)= 140:3 Npri= 140.0 Naux= 15.0 Nsec= 3.0	1	\$0.86	 TDK_B66305 259 mm <sup>2</sup>
U1	Texas Instruments	UCC28730DR	Switcher	1	\$0.46	 D0007A 55 mm <sup>2</sup>
U2	Texas Instruments	UCC24650DBVR	Switcher	0	\$0.16	 DBV0005A 15 mm <sup>2</sup>











Operating Values

#	Name	Value	Category	Description
1.	BOM Count	26		Total Design BOM count
2.	Total BOM	NA		Total BOM Cost
3.	Cin IRMS	101.894 mA	Capacitor	Input capacitor RMS ripple current
4.	Cin Pd	293.84 mW	Capacitor	Input capacitor power dissipation
5.	Cin2 IRMS	177.746 mA	Capacitor	Input Capacitor Cin2 RMS Ripple Current
6.	Cout IRMS	6.59 A	Capacitor	Output capacitor RMS ripple current
7.	Cout Pd	260.55 mW	Capacitor	Output capacitor power dissipation
8.	Avg Bridge Diode Pd	68.166 mW	Diode	Average Power Dissipation in the Bridge Diode over the AC Line Period
9.	Diode2 Pd	1.187 W	Diode	Diode2 power dissipation
10.	IC Pd	27.493 mW	IC	IC power dissipation
11.	IC Tj	43.89 degC	IC	IC junction temperature

#	Name	Value	Category	Description
12.	ICThetaJA	141.5 degC/W	IC	IC junction-to-ambient thermal resistance
13.	M1 Pd	221.57 mW	Mosfet	M1 MOSFET total power dissipation
14.	M1 TjOP	74.403 degC	Mosfet	M1 MOSFET junction temperature
15.	Avg Bridge Diode Pd	68.166 mW	Power	Average Power Dissipation in the Bridge Diode over the AC Line Period
16.	Cin Pd	293.84 mW	Power	Input capacitor power dissipation
17.	Cout Pd	260.55 mW	Power	Output capacitor power dissipation
18.	Diode2 Pd	1.187 W	Power	Diode2 power dissipation
19.	IC Pd	27.493 mW	Power	IC power dissipation
20.	M1 Pd	221.57 mW	Power	M1 MOSFET total power dissipation
21.	Snubber Pd	157.768 mW	Power	Snubber Power Dissipation
22.	T1 Copper Loss	216.61 mW	Power	Transformer Copper Loss Power Dissipation
23.	T1 Core Loss	260.0 mW	Power	Transformer Core Loss Power Dissipation
24.	Total Pd	2.809 W	Power	Total Power Dissipation
25.	Xformer Pd	476.61 mW	Power	Transformer power dissipation
26.	Avg Rectified Vin	241.121 V	System Information	Average Rectified Voltage for the AC Line Period
27.	Duty Cycle	38.92 %	System Information	Duty cycle
28.	Efficiency	77.896 %	System Information	Steady state efficiency
29.	FootPrint	1.157 k mm <sup>2</sup>	System Information	Total Foot Print Area of BOM components
30.	Frequency	53.486 kHz	System Information	Switching frequency
31.	Frequency	53.486 kHz	System Information	Switching frequency
32.	Iin rms	57.769 mA	System Information	RMS Input Current
33.	Iout	3.0 A	System Information	Iout operating point
34.	Min Rectified Vin	140.006 V	System Information	Minimum voltage seen at rectified input
35.	Mode	DCM	System Information	Conduction Mode
36.	Peak Rectified Vin	311.124 V	System Information	Peak voltage seen at rectified input
37.	Pout	9.9 W	System Information	Total output power
38.	Vin_RMS	220.0 V	System Information	Vin operating point
39.	Vout	3.3 V	System Information	Operational Output Voltage
40.	Vout Actual	18.445 V	System Information	Vout Actual calculated based on selected voltage divider resistors
41.	Vout Tolerance	2.58 %	System Information	Vout Tolerance based on IC Tolerance (no load) and voltage divider resistors if applicable
42.	Vout p-p	131.253 mV	System Information	Peak-to-peak output ripple voltage
43.	T1 Copper Loss	216.61 mW	Transformer	Transformer Copper Loss Power Dissipation
44.	T1 Core Loss	260.0 mW	Transformer	Transformer Core Loss Power Dissipation
45.	T1 Iprim RMS	173.076 mA	Transformer	Transformer Primary RMS Current
46.	T1 Iprim pk	480.519 mA	Transformer	Transformer Primary Peak Current
47.	T1 Is1 RMS	6.625 A	Transformer	Transformer Secondary1 RMS Current
48.	T1 Is1 pk	21.875 A	Transformer	Transformer Secondary1 Peak Current
49.	Xformer Pd	476.61 mW	Transformer	Transformer power dissipation
50.	Pstby	4.254 W	power	Pstby

## Design Inputs

Name	Value	Description
Iout	3.0	Maximum Output Current
VinMax	240.0	Maximum input voltage
VinMin	220.0	Minimum input voltage
Vout	3.3	Output Voltage
acFrequency	50.0	AC Frequency
base_pn	UCC28730	Base Product Number
source	AC	Input Source Type
Ta	40.0	Ambient temperature

### 7.3. Código

A continuación, se presenta el código correspondiente al funcionamiento del sistema descrito en los diagramas de flujo en el apartado de “Software”. En este programa el relé 1 es el correspondiente al sistema de gestión de temperatura mientras que el relé 2 pertenece al sistema de control de luminosidad.

```
esphome:
  name: code
  friendly_name: Sistema_domotico

esp32:
  board: esp32
  framework:
    type: arduino

# Enable logging
logger:

# Enable Home Assistant API
api:
  encryption:
    key: "HwYUNs1F4hYJ85H9uUbcfDdMAXsVBZ7sXUj5KGPCsT0="

ota:
  password: "a4d2c95d1ba6f69276bfb5259bf98cfc"

wifi:
  ssid: !secret wifi_ssid
  password: !secret wifi_password

  # Enable fallback hotspot (captive portal) in case wifi connection
  fails
  ap:
    ssid: "Prueba Fallback Hotspot"
    password: "FOevVuyPVT1Y"

captive_portal:
```

```

#Gets actual time
time:
  - platform: sntp
    id: sntp_time

#Configures output pins

output:

  #Output pins for relay 1
  - platform: gpio
    pin: GPIO25
    id: relay_1_set
  - platform: gpio
    pin: GPIO26
    id: relay_1_reset
    inverted: True

  #Output pins for relay 2
  - platform: gpio
    pin: GPIO22
    id: relay_2_set
  - platform: gpio
    pin: GPIO23
    id: relay_2_reset
    inverted: True

#Configures input pins for external sensors

sensor:

  #First relay
  - platform: adc
    pin: GPIO34
    id: temperature
    attenuation: 2.5dB
    name: "Temperatura"
    update_interval: 30min
    filters:
      - lambda: return (x * 3.3 / 4095.0 - 0.5) / 0.01;
    unit_of_measurement: "°C"

```

```
#Second relay
- platform: adc
  pin: GPIO35
  id: light
  attenuation: 2.5dB
  name: "Luz"
  update_interval: 1min
  filters:
  - lambda: return (x * 3.3 / 4095.0);
```

```
#Configures input pins for external switches and sets the relays
#according to the inputs
```

```
binary_sensor:
```

```
#First relay
- platform: gpio
  pin: GPIO16
  id: switch_1
  filters:
  - delayed_off: 50ms
  on_state:
  - if:
```

```
  #Checks all the possible ways to activate the relay
  condition:
```

```
    or:
```

- binary\_sensor.is\_on: switch\_1
- switch.is\_on: temperature\_control
- sensor.in\_range:
  - id: temperature
  - below: 24.0

```
  then:
```

```
    #Turns on relay 1
```

- output.turn\_on: relay\_1\_set
- output.turn\_on: relay\_1\_reset

```
  else:
```

```
    #Turns off relay 1
```

- output.turn\_off: relay\_1\_set
- output.turn\_off: relay\_1\_reset

```

#Second relay
- platform: gpio
  pin: GPIO15
  id: switch_2
  filters:
    - delayed_off: 50ms
  on_state:
    - if:

      #Checks all the possible ways to activate the relay
      condition:
        or:
          - binary_sensor.is_on: switch_2
          - switch.is_on: light_control
          - and:
              - sensor.in_range:
                  id: light
                  below: 0.9
              - binary_sensor.is_on: light_trigger
        then:

          #Turns on relay 2
          - output.turn_on: relay_2_set
          - output.turn_on: relay_2_reset
        else:

          #Turns on relay 2
          - output.turn_off: relay_2_set
          - output.turn_off: relay_2_reset

#Evaluates the light value
- platform: template
  name: "Luz_Ambiente"
  id: ambient_light
  lambda: |-
    if (id(light).state <= 0.3)
    {
      return true; // Returns True if the actual light level is below
                  // the specified
    }
    else
    {
      return false; // Else returns False
    }

```

```
#Evaluates the time data
- platform: template
  name: "Trigger Luz"
  id: light_trigger
  lambda: |-
    if (id(sntp_time).now().hour >= 8 && id(sntp_time).now().hour < 20)
    {
      return true; // Returns True if the actual time is in the
                  // specified range
    }
    else
    {
      return false; // Else returns False
    }
}
```

#Configures the outputs to appear as a switch in Home Assistant

switch:

#First relay

```
- platform: template
  name: "Control de temperatura"
  icon: mdi:thermometer
  id: temperature_control
  optimistic: True
```

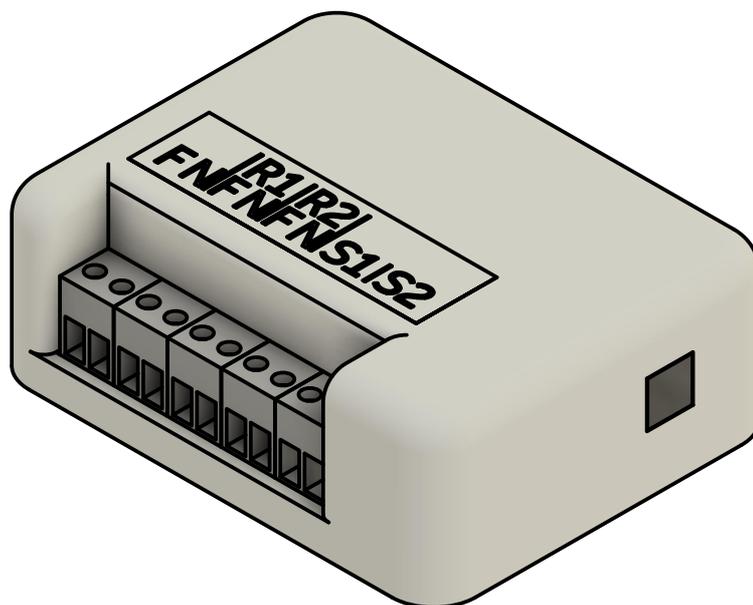
#Second Relay

```
- platform: template
  name: "Control de luces"
  icon: mdi:lightbulb
  id: light_control
  optimistic: True
```

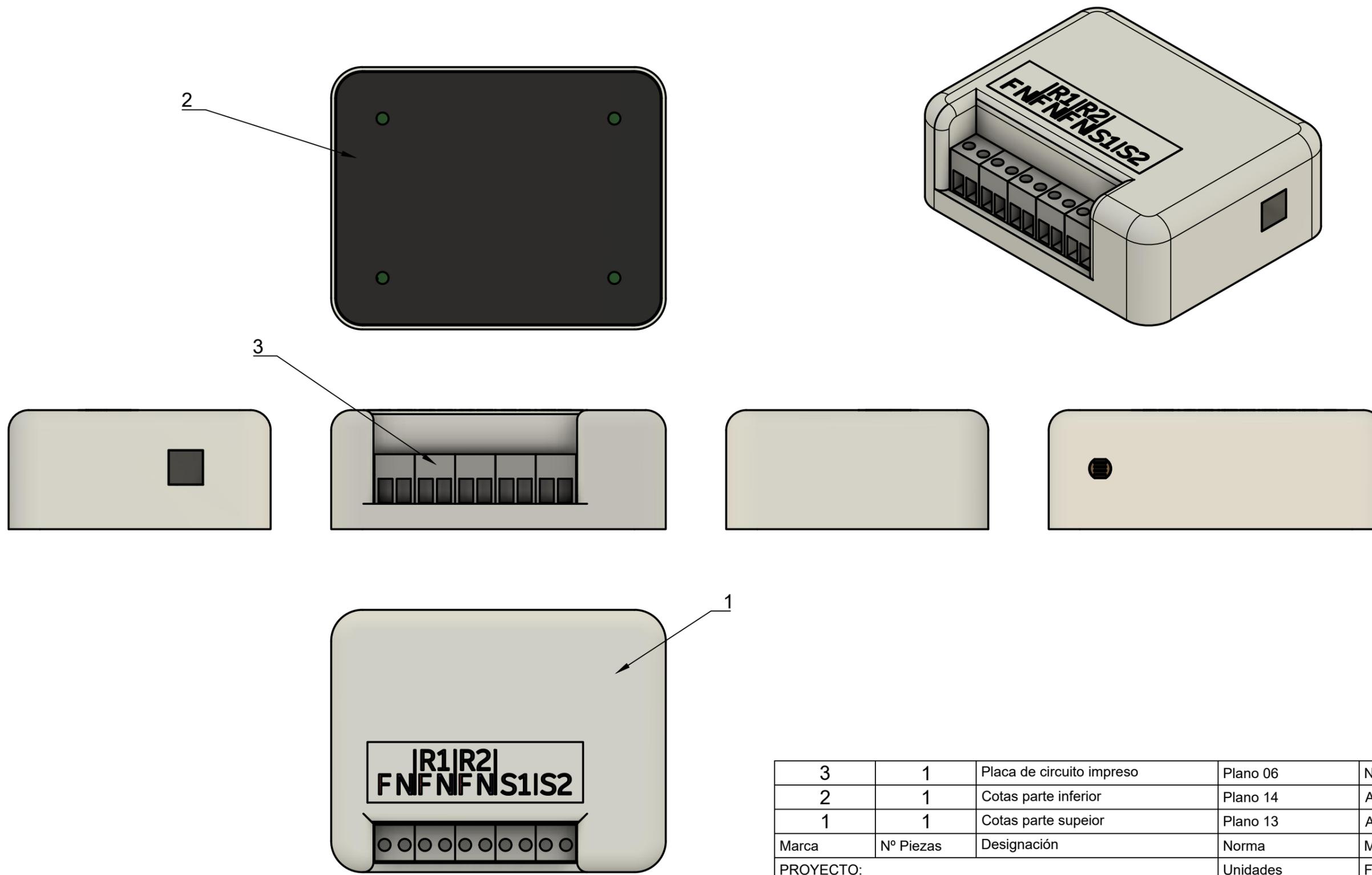
# PLANOS

# Contenido

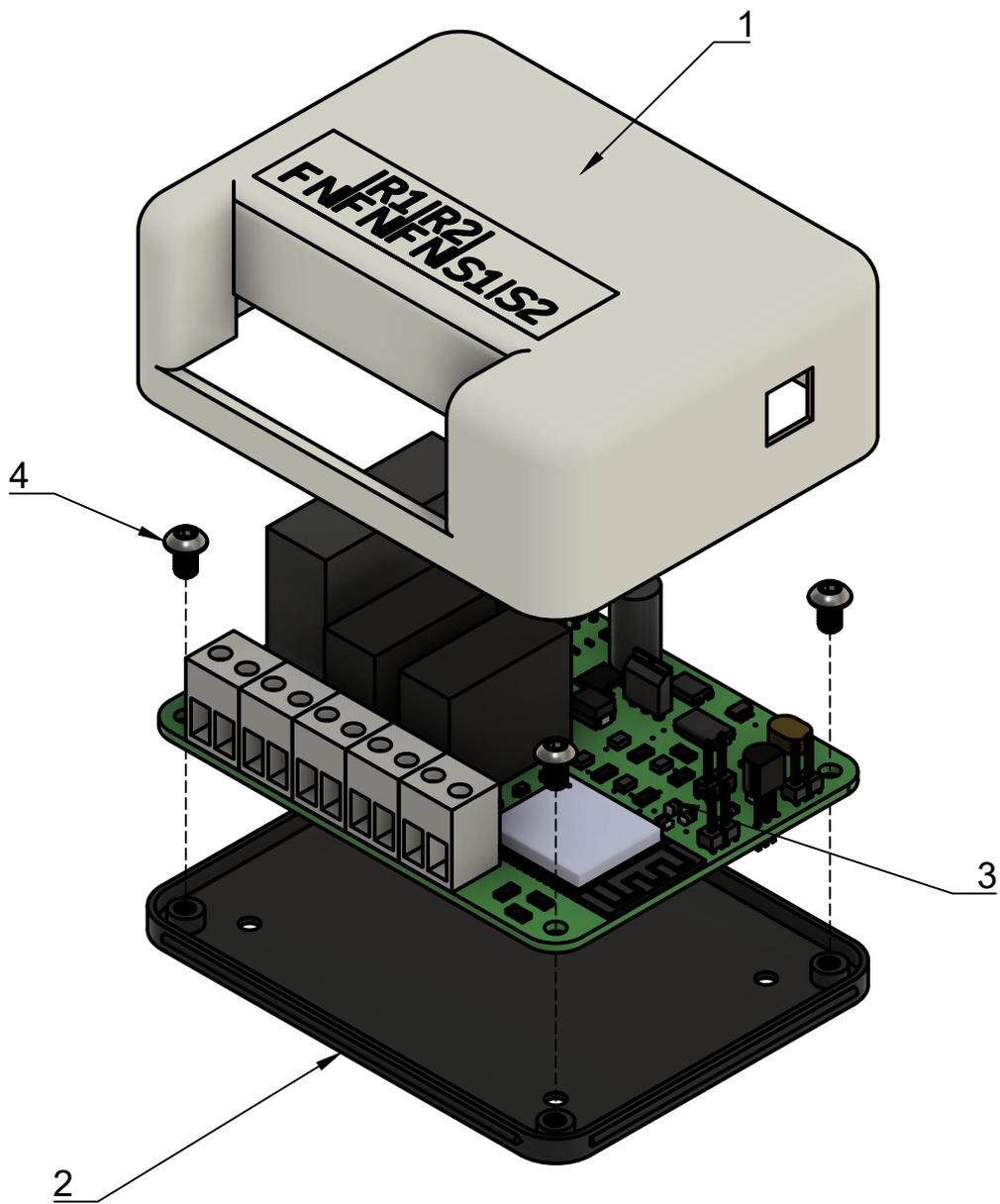
8. Sistema domótico completo .....	49
8.1. Plano conjunto .....	49
8.2. Vista de montaje .....	50
8.3. Vista explosionada .....	51
9. Conjunto de partes.....	52
9.1. Placa de circuito impreso .....	52
9.1.1. Esquema eléctrico .....	52
9.1.2. Componentes .....	53
9.1.3. Dimensiones .....	54
9.1.4. Capa superior de cobre .....	55
9.1.5. Capa inferior de cobre.....	56
9.1.6. Vías y <i>pads</i> .....	57
9.1.7. Taladros .....	58
9.2. Chasis.....	59
9.2.1. Vista de montaje .....	59
9.2.2. Vista explosionada.....	60
9.2.3. Cotas parte superior.....	61
9.2.4. Cotas parte inferior .....	62



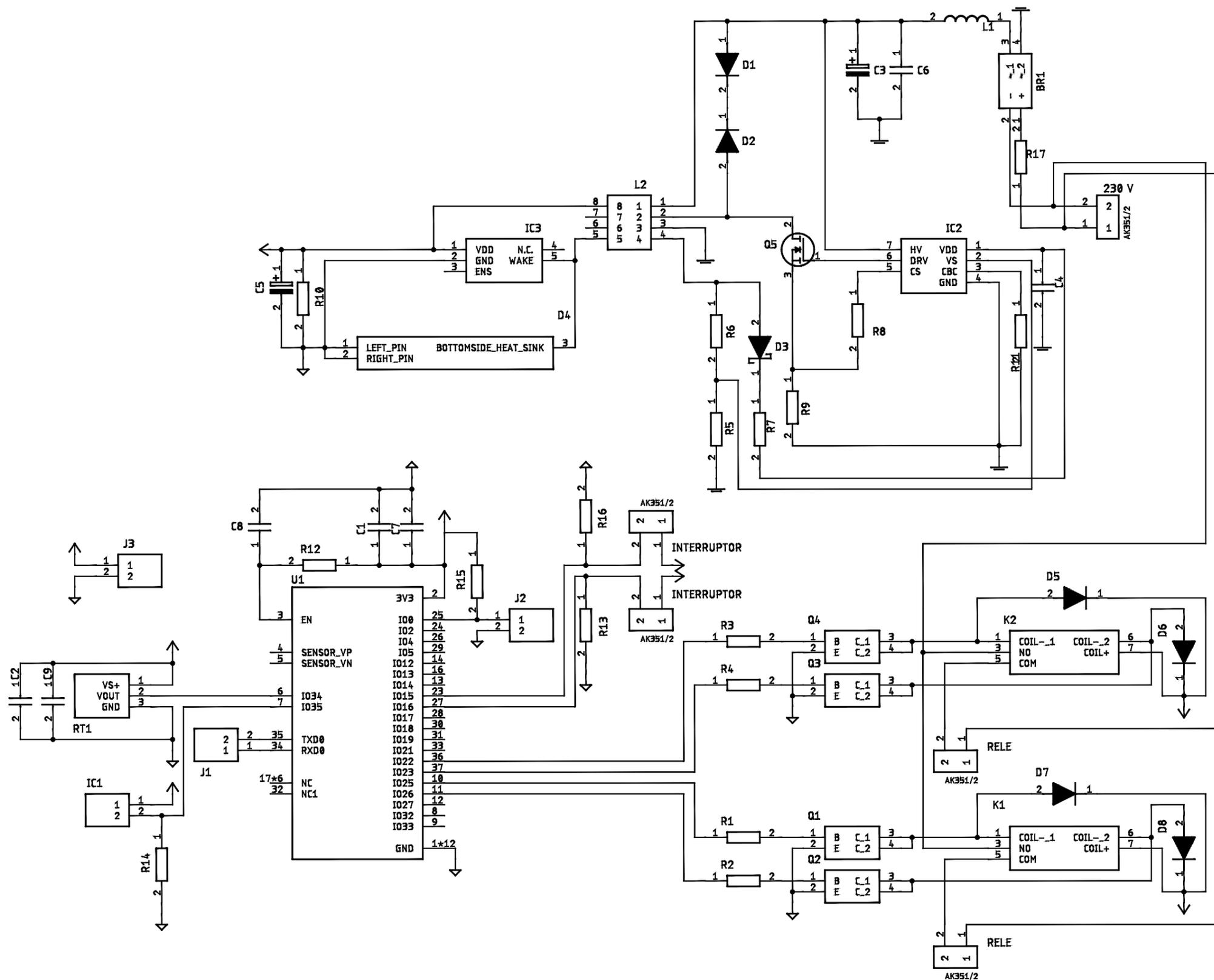
PROYECTO:		Unidades	Fecha: 12/06/2023
Diseño de un sistema domótico para la plataforma Home Assistant		mm	Escala: 1:1
Autor: Ignacio Llarío Benavent	Plano: Plano conjunto Sistema domótico completo		Nº Plano: 01



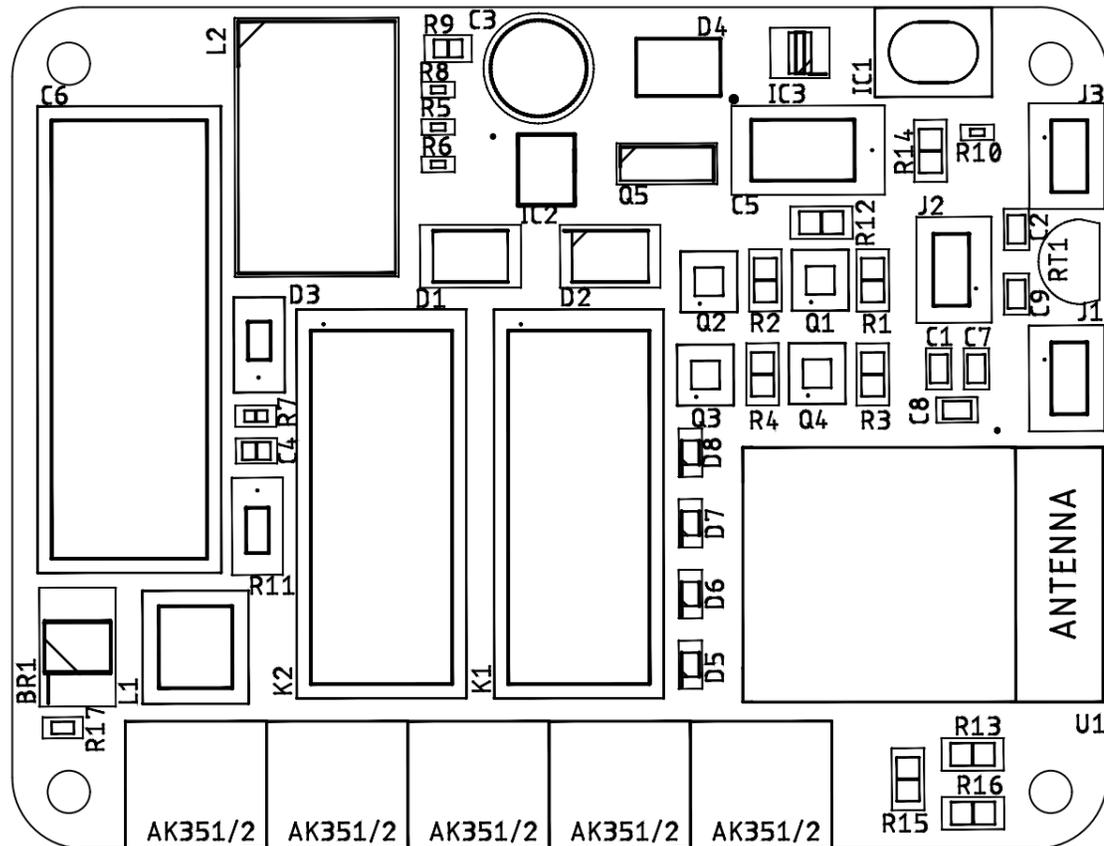
3	1	Placa de circuito impreso	Plano 06	N/A
2	1	Cotas parte inferior	Plano 14	ABS
1	1	Cotas parte superior	Plano 13	ABS
Marca	Nº Piezas	Designación	Norma	Material
PROYECTO:			Unidades	Fecha: 12/06/2023
Diseño de un sistema domótico para la plataforma Home Assistant			mm	Escala: 1:1
Autor:		Plano:	Nº Plano:	
Ignacio Llario Benavent		Vista de montaje Sistema domótico completo	02	



4	4	Tornillo M2 x 5 mm	DIN 7985	Aluminio
3	1	Placa de circuito impreso	Plano 06	N/A
2	1	Cotas parte inferior	Plano 14	ABS
1	1	Cotas parte superior	Plano 13	ABS
Marca	Nº Piezas	Designación	Norma	Material
PROYECTO:			Unidades	Fecha: 12/06/2023
Diseño de un sistema domótico para la plataforma Home Assistant			mm	Escala: 1:1
Autor: Ignacio Llarío Benavent		Plano: Vista explosionada Sistema domótico completo		Nº Plano: <b>03</b>

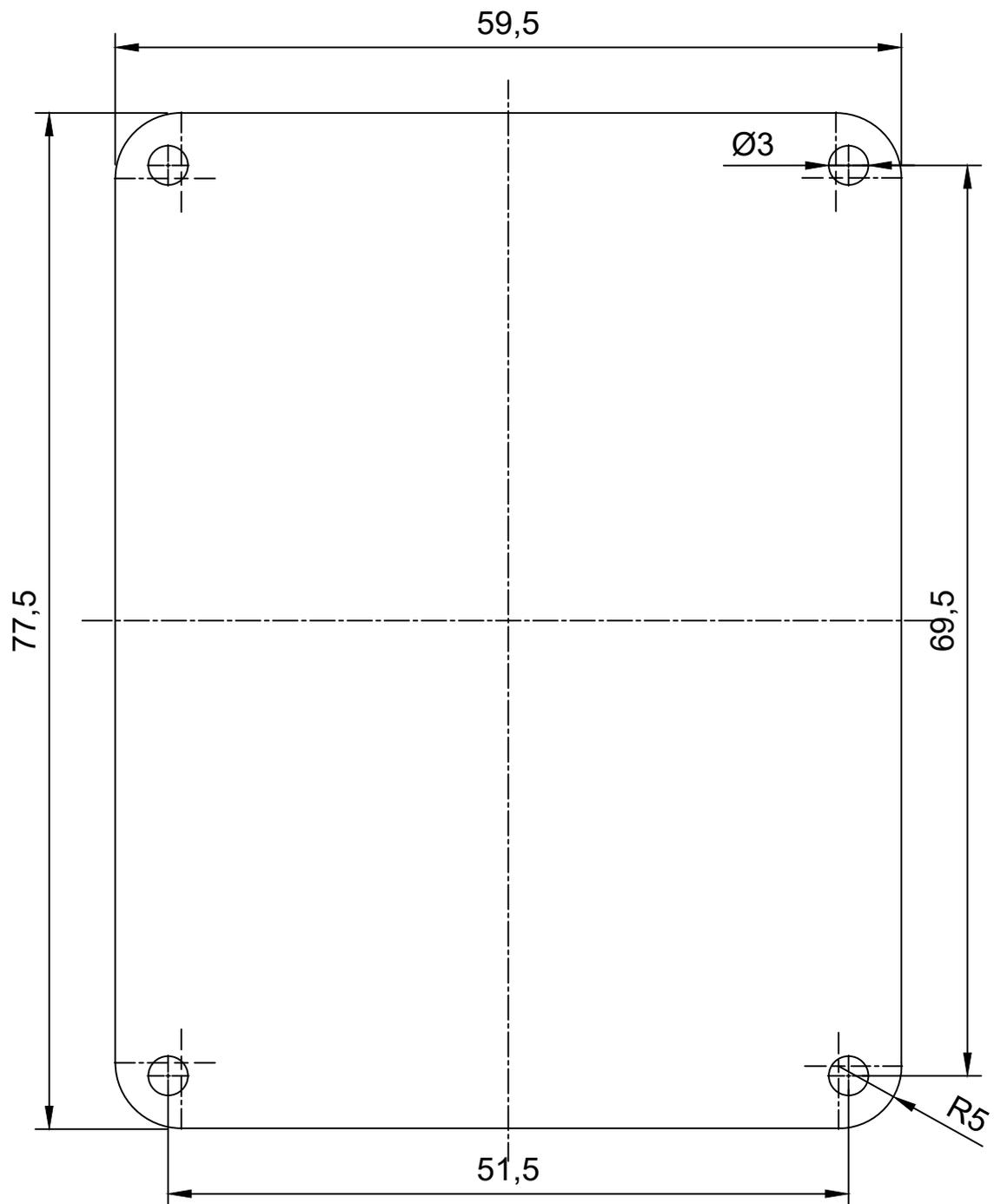


PROYECTO:		Fecha: 12/06/2023
Diseño de un sistema domótico para la plataforma Home Assistant		Escala: NC
Autor:	Plano:	Nº Plano:
Ignacio Llario Benavent	Esquema eléctrico Placa de circuito impreso	04



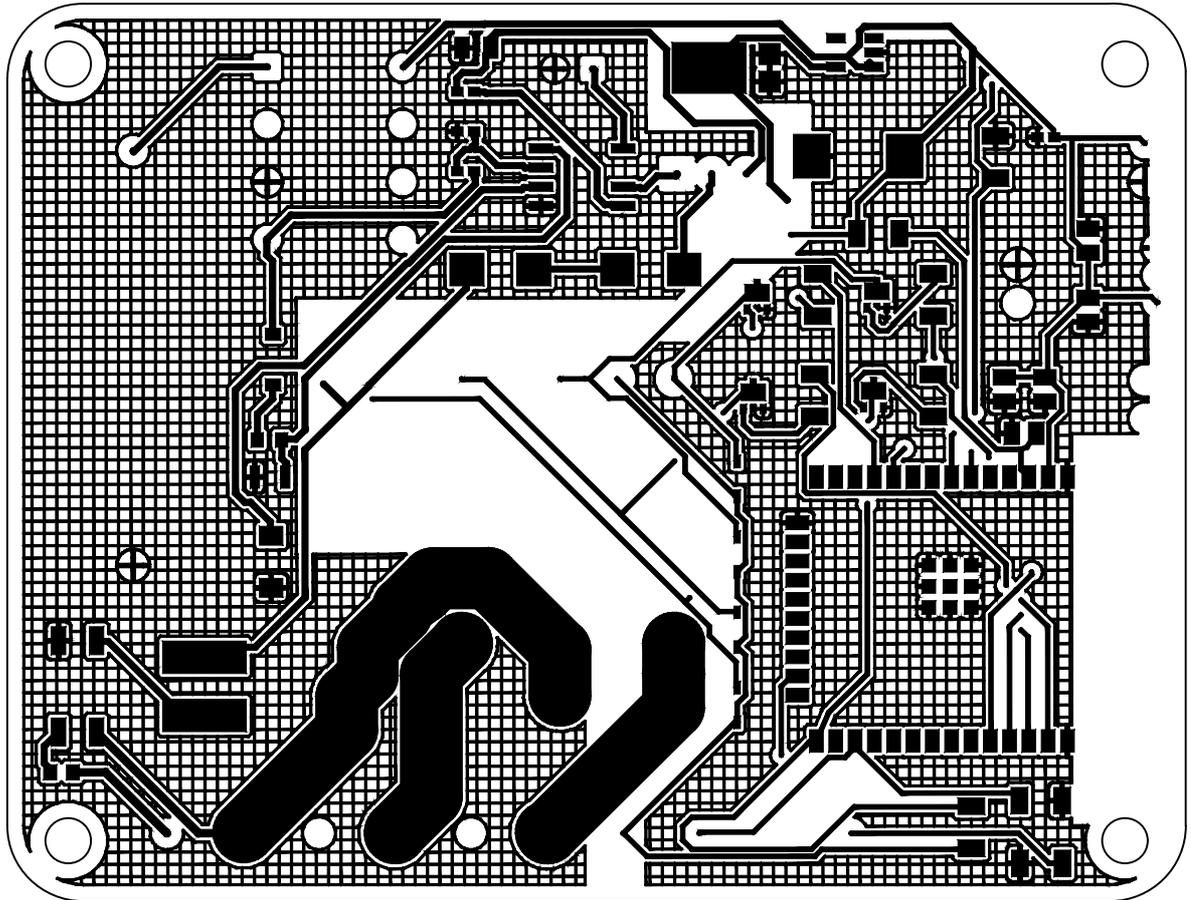
U1	ESP32-WROOM-32E	Module ESP32-WROOM-32E with antenna
AK351/2	AK351/2	Fixed Terminal Blocks
RT1	TMP36GT9Z	Temperature Sensor +/-3C 3-Pin TO-92
R17	CRCW060310R0FKEA	Resistor 100Ohm 1% 0.1W 100ppm/C
R12, R13, R14, R15, R16	CRM1206QJW-103ELF	ResPower 10k 5% 1/2W TC200
R11	ERJ-P08F2212V	Resistor 22.1k 1% 0.66W 100ppm/C
R10	CRCW0402340RFKED	Resistor 340R, 1%, 0.063W
R9	RC0805FR-071R54L	Resistor - SMD 1/8W 1.54 Ohms 1%
R8	CRCW04021K69FKED	Resistor 1.69k 1% 0.063W 100ppm/C
R7	RC0603FR-0722RL	Resistors - SMD 22 Ohms 100mW 1%
R6	CRCW0402118KFKED	Resistor 118k 1% 0.063W 100ppm/C
R5	CRCW040233K2FKED	Resistor 33.2k 1% 0.063W
R1, R2, R3, R4	CRM1206QFX-1001ELF	ResPower 1k 1% 1/2W TC100
Q5	STD3NK80Z-1	MOSFET N-ch 2.5A 800V
Q1, Q2, Q3, Q4	PBSS4310PAS-QX	Transistor 10 V, 3 A NPN low V <sub>Csat</sub>
L2	B66308W1108T001	Ferrite Accessorie
L1	NPI54C471KTRF	Inductor 470 H 10% 190mA
K1, K2	ADW1203HLW	Latching Relay 16 A, 3V
J1, J2, J3	TSW-102-08-S-S	2 Position, Single Row, PCB Header Strips
IC3	UCC24650DBVR	200-V Wake-up Monitor
IC2	UCC28730DR	Zero Standby PSR Flyback Controller
IC1	PDV-P8103	PHOTOCELL 16-33KOHM
D5, D6, D7, D8	1N4148WS	Switching Diode 75V 300mA
D4	PDS760-13	Diode Schottky 60V 7A
D3	CDBW46-G	Schottky Diodes & Rectifiers 100V, 150mA
D2	UFS180JE3_TR13	Rectifiers Ultra Fast Rectifier (less than 100ns)
D1	SMBJ150A-13-F	ESD Suppressors / TVS Diodes 600W 150.0V
C7, C8, C9	C0805C104K5RAC7411	Ceramic Capacitor 50V 0.1uF 10%
C6	ECQ-E4185KF	Polyester Capacitor 400V 1.8uF 10%
C5	6TPE470MI	Titanium Capacitor 6.3V 470uF 20%
C4	C2012X5R1V685K125AC	Ceramic Capacitor 75V
C3	EKMG401ELL1R0MF11D	Aluminum Electrolytic Capacitors 400V 1uF
C1, C2	C0805C226M9PACTU	Ceramic Capacitors SMD 6.3V 22uF 20%
BR1	HD06-T	Bridge Rectifier 600V 0.8A SMD
Referencia	Valor	Observaciones

PROYECTO:		Unidades	Fecha: 12/06/2023
Diseño de un sistema domótico para la plataforma Home Assistant		mm	Escala: 2:1
Autor:	Plano:	Nº Plano:	
Ignacio Llario Benavent	Componentes Placa de circuito impreso	05	

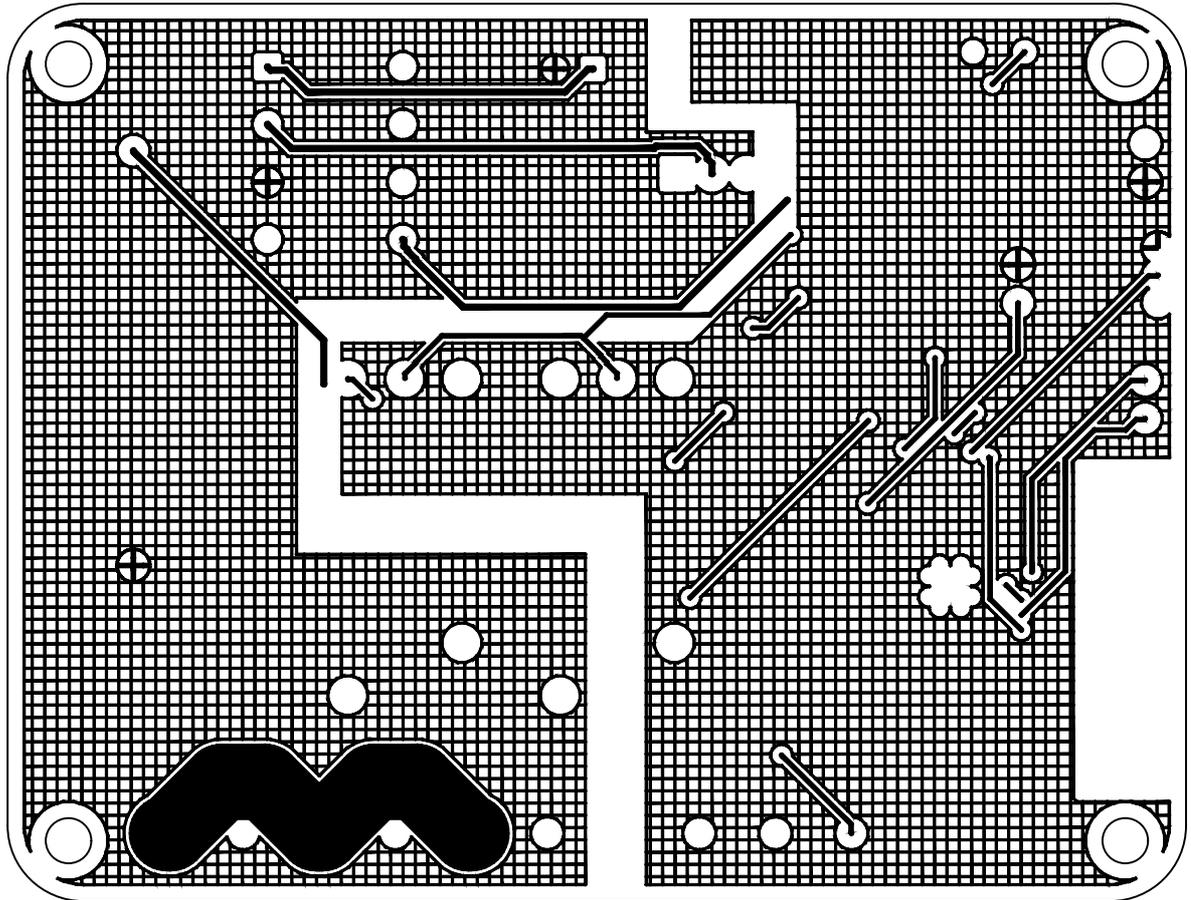


Tolerancia de medidas sin indicación expresa, según: ISO 2768-K

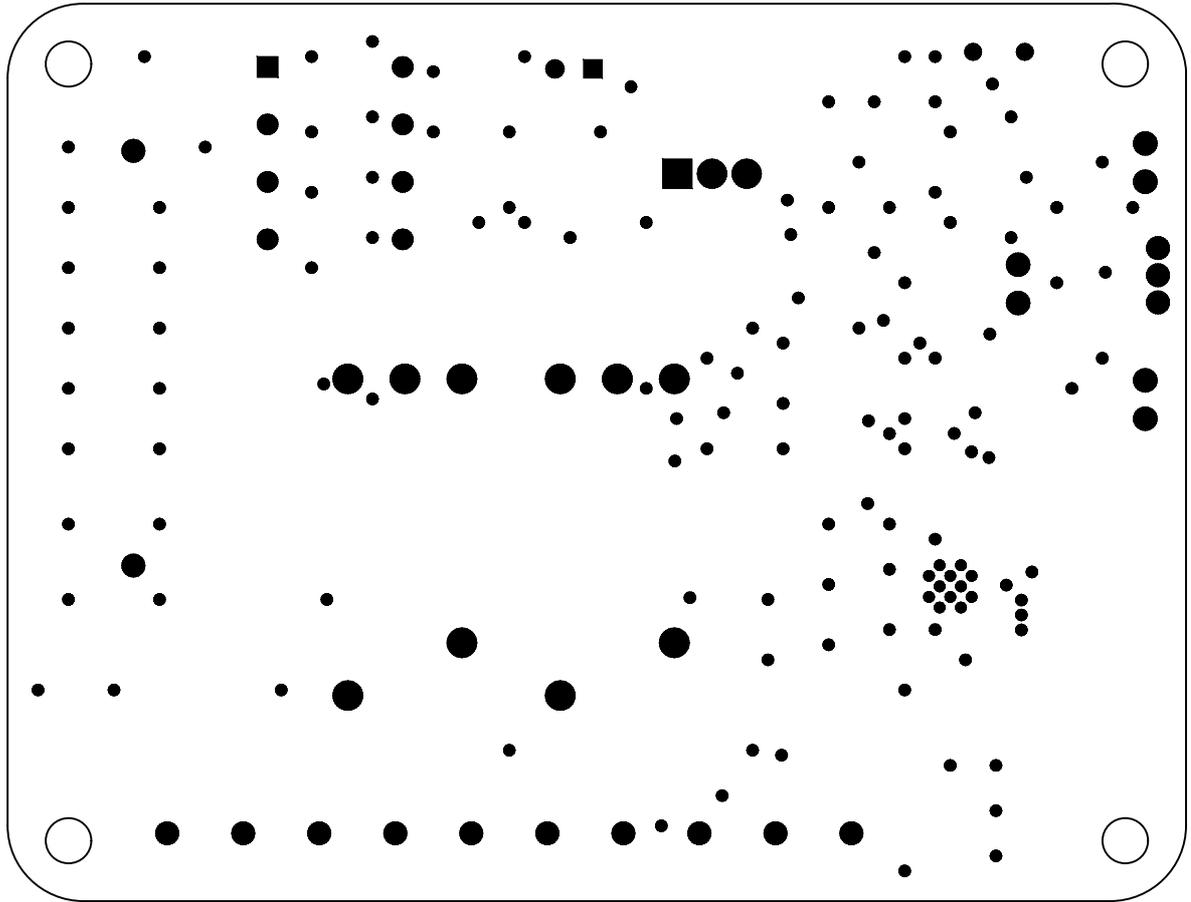
PROYECTO:		Unidades	Fecha: 12/06/2023
Diseño de un sistema domótico para la plataforma Home Assistant		<b>mm</b>	Escala: <b>2:1</b>
Autor: Ignacio Llarío Benavent	Plano: <b>Dimensiones</b> <b>Placa de circuito impreso</b>		Nº Plano: <b>06</b>



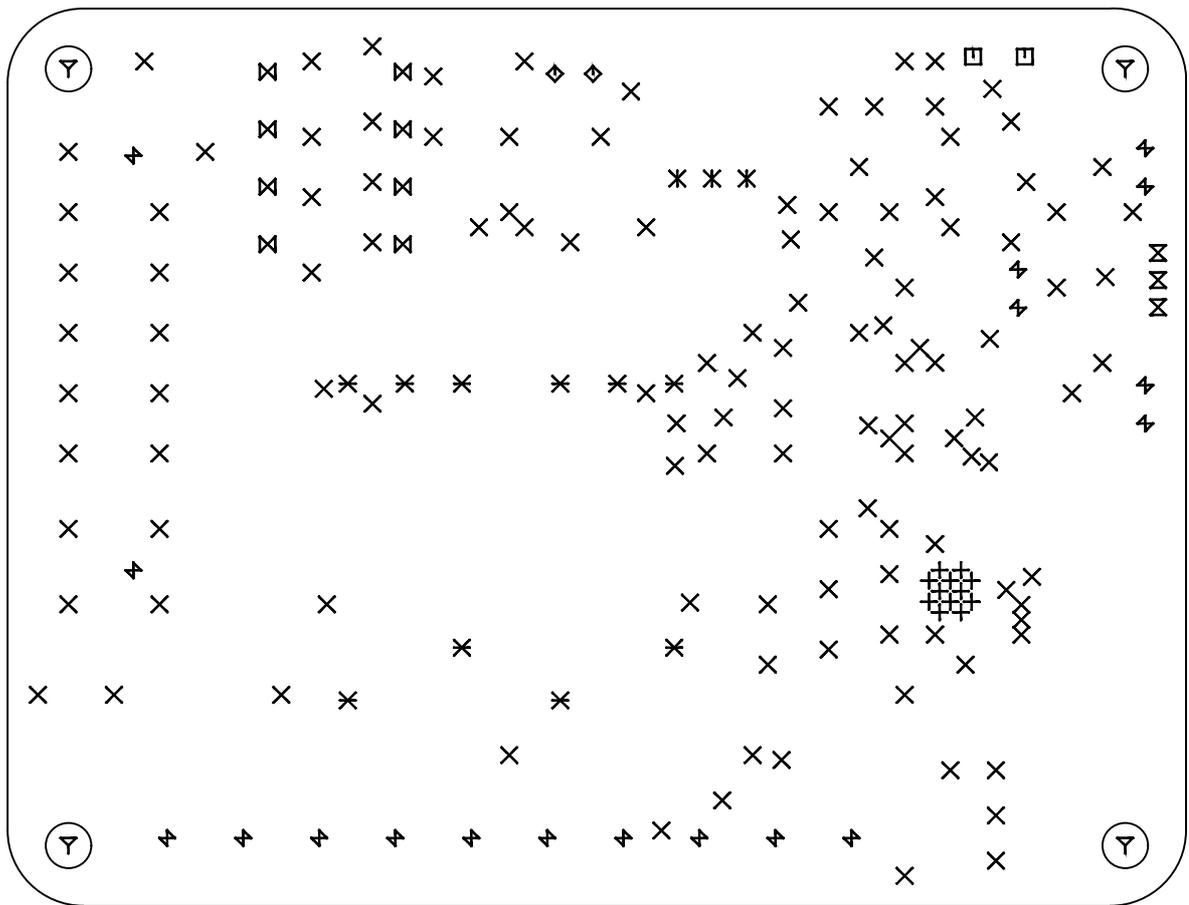
PROYECTO:		Unidades	Fecha: 12/06/2023
Diseño de un sistema domótico para la plataforma Home Assistant		mm	Escala: 2:1
Autor: Ignacio Llarío Benavent	Plano: Capa superior de cobre Placa de circuito impreso	Nº Plano: <b>07</b>	



PROYECTO:		Unidades	Fecha: 12/06/2023
Diseño de un sistema domótico para la plataforma Home Assistant		mm	Escala: 2:1
Autor: Ignacio Llarío Benavent	Plano: Capa inferior de cobre Placa de circuito impreso	Nº Plano: <b>08</b>	

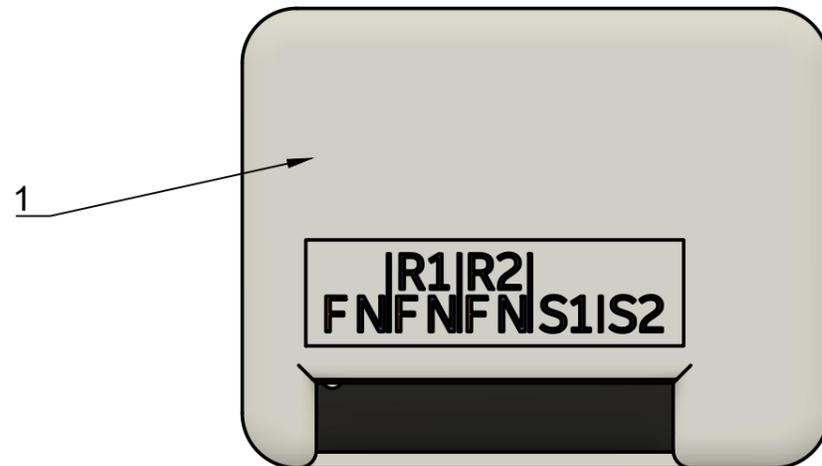
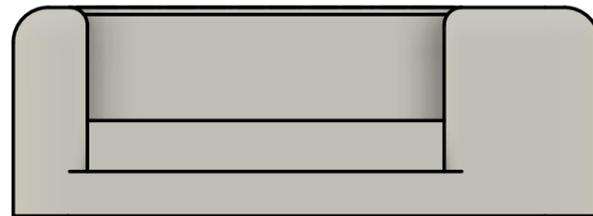
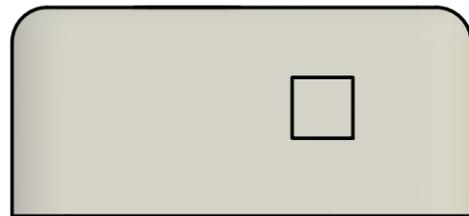
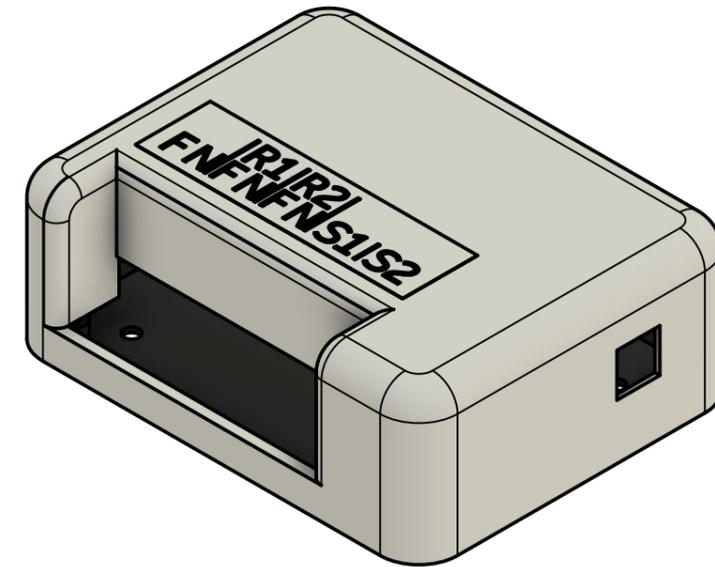
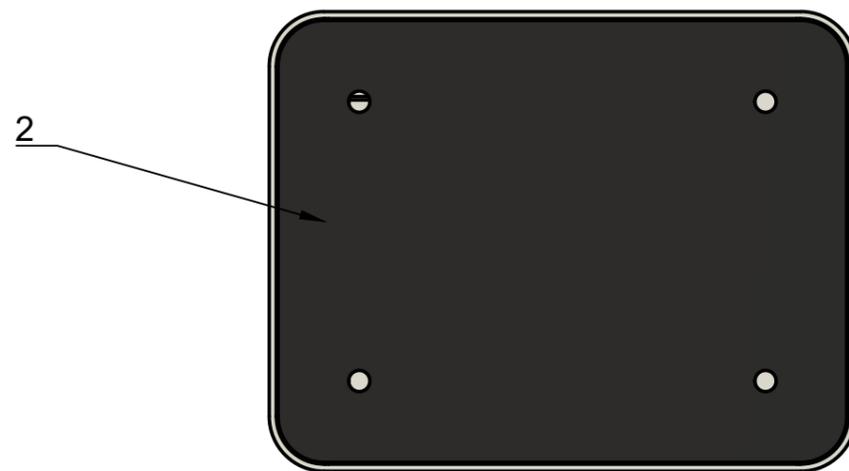


PROYECTO:		Unidades	Fecha: 12/06/2023
Diseño de un sistema domótico para la plataforma Home Assistant		mm	Escala: 2:1
Autor: Ignacio Llarío Benavent	Plano: Vias y pads Placa de circuito impreso	Nº Plano: 09	

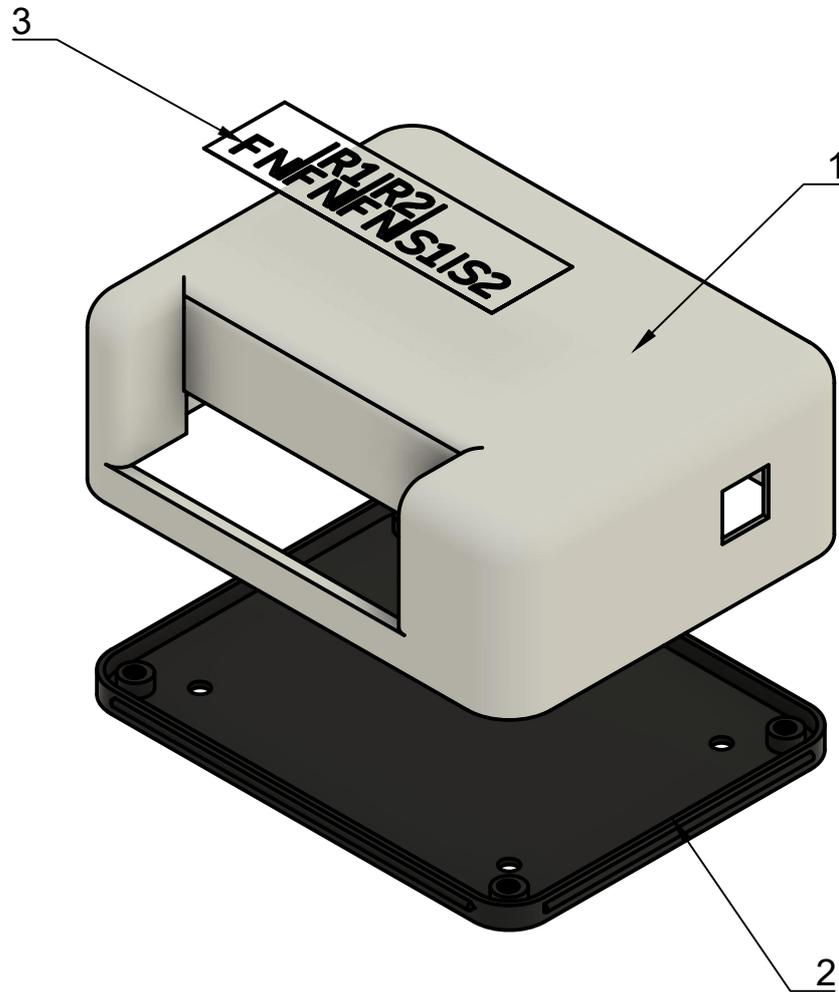


Sym	N°	Mils	MM	Qty	Plated
+	1	8	0.20	12	YES
x	2	14	0.35	123	YES
□	3	24	0.60	2	YES
◇	4	28	0.70	2	YES
⊗	5	32	0.81	3	YES
⊗	6	33	0.85	8	YES
⋈	7	39	1.00	12	YES
⋈	8	40	1.02	6	YES
*	9	50	1.28	3	YES
*	10	51	1.30	10	YES
⌞	11	118	3.00	4	NOT

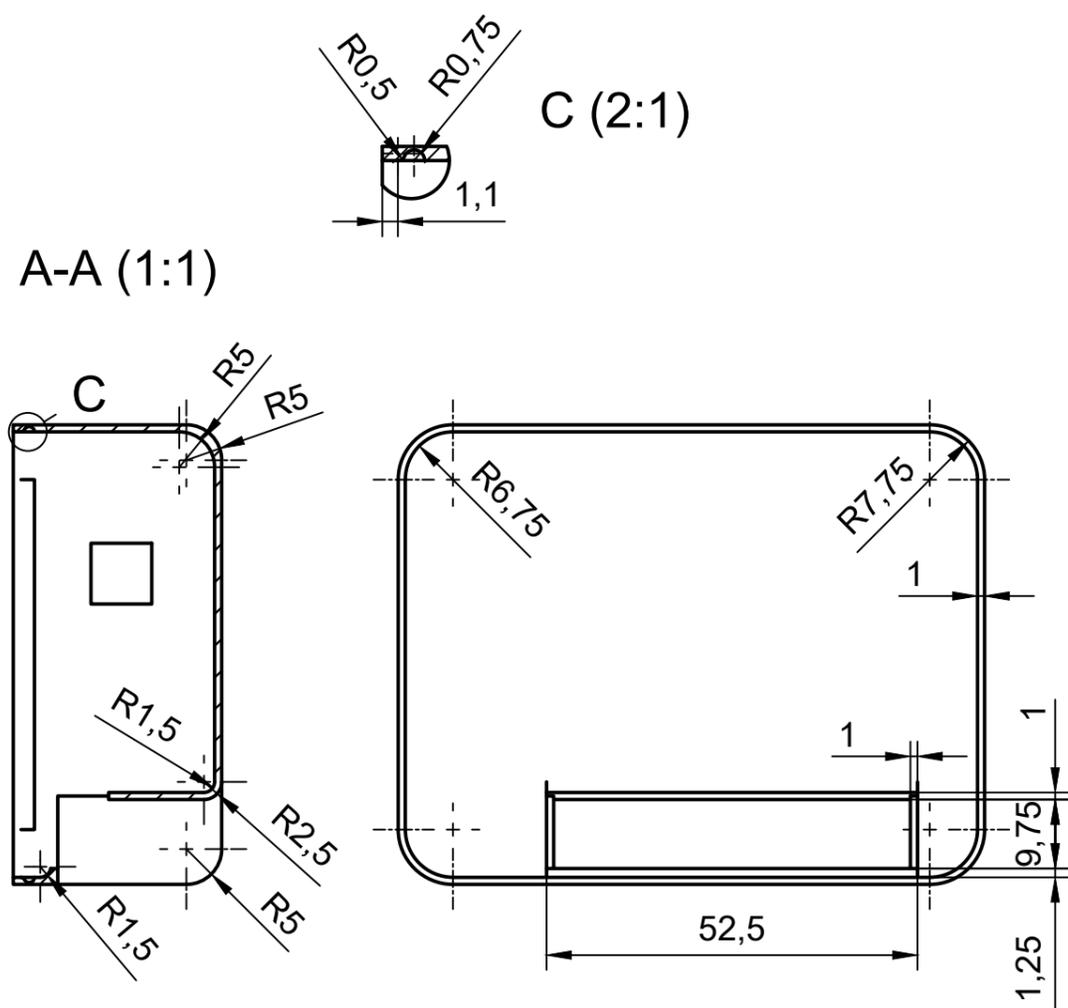
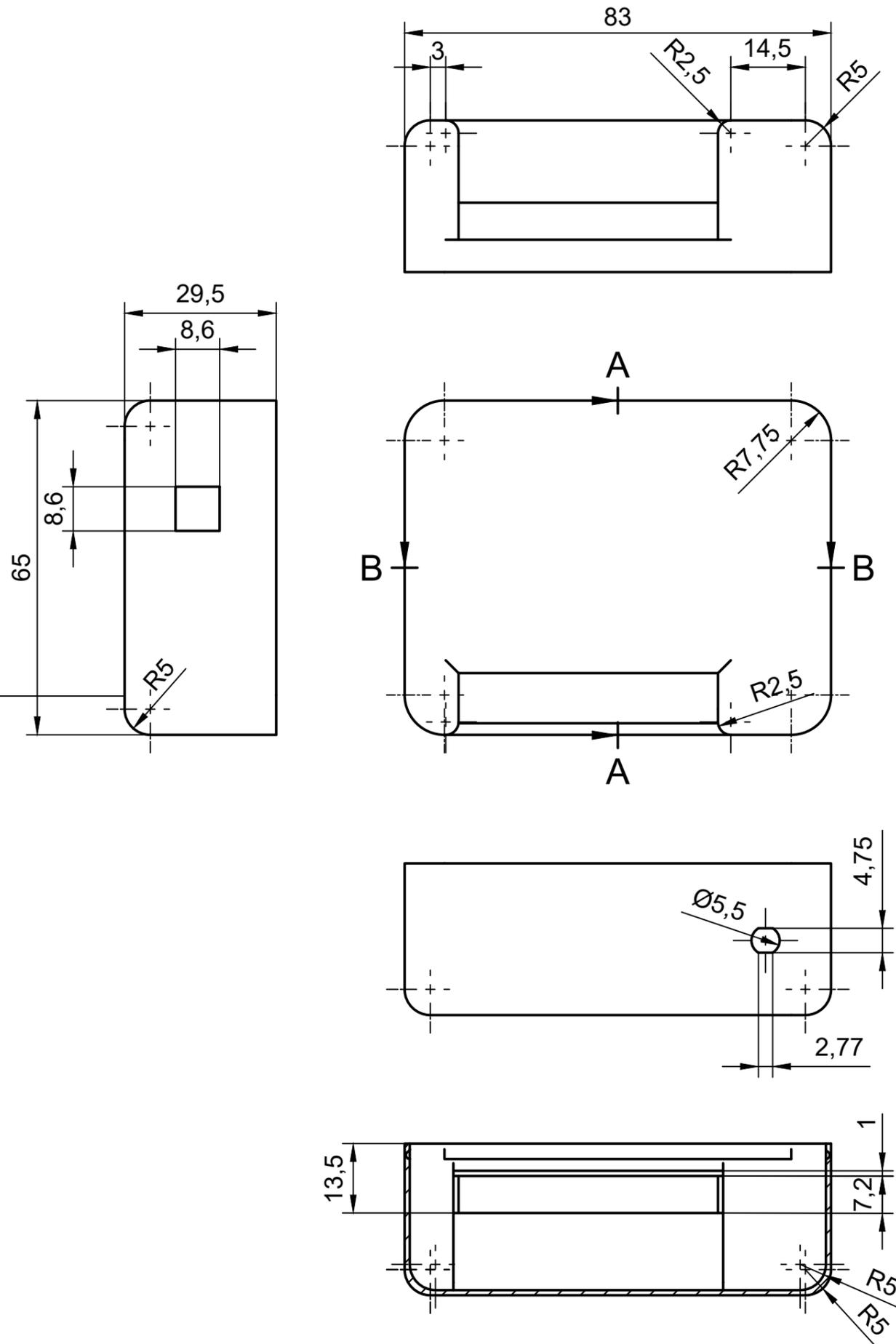
PROYECTO:		Unidades	Fecha: 12/06/2023
Diseño de un sistema domótico para la plataforma Home Assistant		mm	Escala: 2:1
Autor: Ignacio Llarío Benavent	Plano: Taladros Placa de circuito impreso	N° Plano: <b>10</b>	



2	1	Cotas parte inferior	Plano 14	ABS
1	1	Cotas parte superior	Plano 13	ABS
Marca	Nº Piezas	Designación	Norma	Material
PROYECTO:			Unidades	Fecha: 12/06/2023
Diseño de un sistema domótico para la plataforma Home Assistant			mm	Escala: 1:1
Autor:		Plano:		Nº Plano:
Ignacio Llario Benavent		Vista de montaje Chasis		11

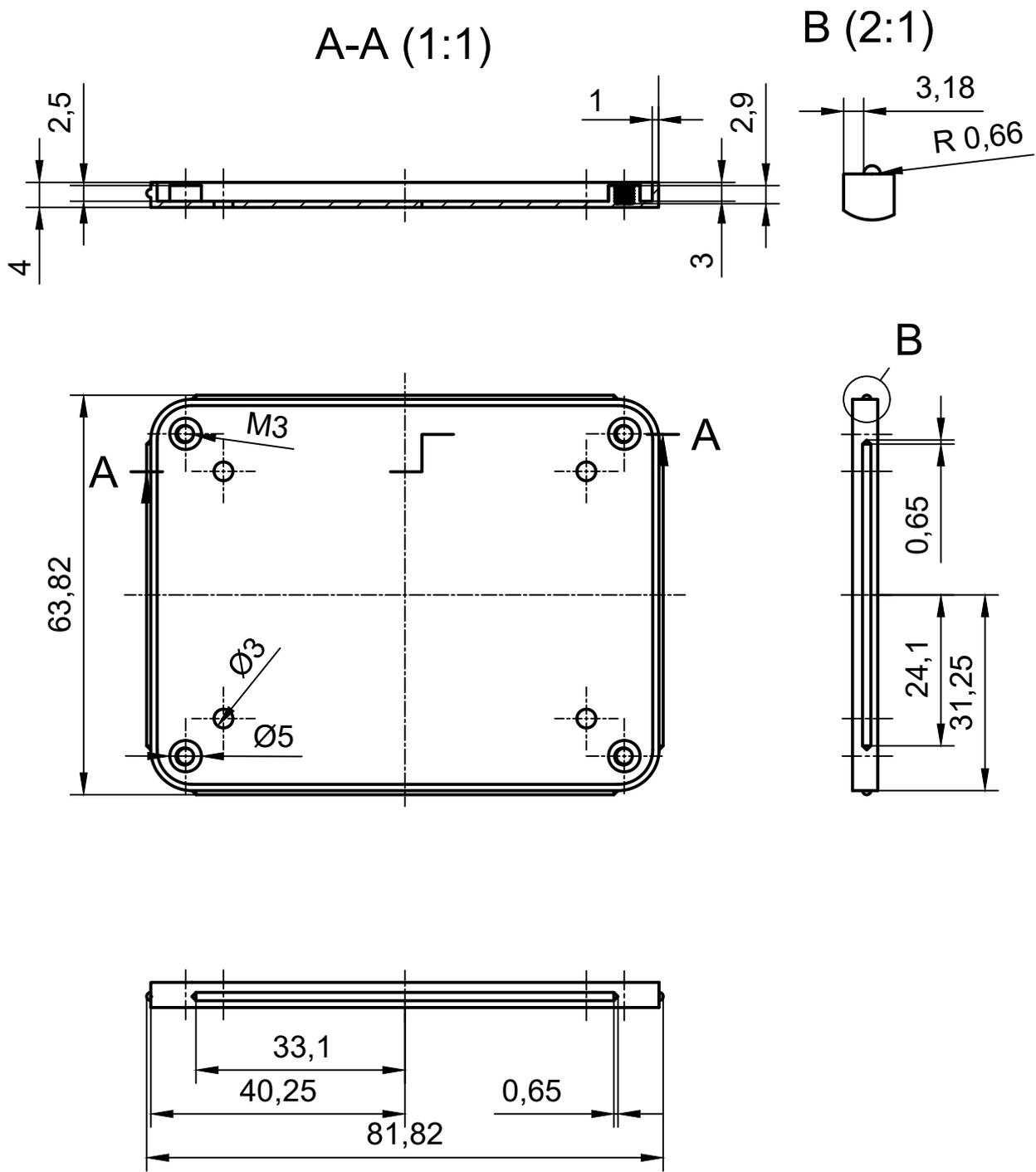


3	1	Pegatina identificativa	N/A	N/A
2	1	Cotas parte inferior	Plano 14	ABS
1	1	Cotas parte superior	Plano 13	ABS
Marca	Nº Piezas	Designación	Norma	Material
PROYECTO:			Unidades	Fecha: 12/06/2023
Diseño de un sistema domótico para la plataforma Home Assistant			mm	Escala: 1:1
Autor: Ignacio Llarío Benavent		Plano: Vista explosionada Chasis		Nº Plano: <b>12</b>



Tolerancia de medidas sin indicación expresa, según: ISO 2768-m

PROYECTO:	Unidades	Fecha: 12/06/2023
Diseño de un sistema domótico para la plataforma Home Assistant	mm	Escala: 1:1
Autor: Ignacio Llario Benavent	Plano: Cotas parte superior Chasis	Nº Plano: <b>13</b>



Tolerancia de medidas sin indicación expresa, según: ISO 2768-m

PROYECTO:		Unidades	Fecha: 12/06/2023
Diseño de un sistema domótico para la plataforma Home Assistant		<b>mm</b>	Escala: <b>1:1</b>
Autor:	Plano:	Nº Plano:	
Ignacio Llarío Benavent	Cotas parte inferior Chasis	<b>14</b>	

# PLIEGO DE CONDICIONES

## Contenido

10.	Normas de carácter general .....	63
11.	Condiciones técnicas .....	63
11.1.	Materiales.....	63
11.1.1.	Electrónica.....	63
11.1.2.	Componentes del chasis.....	65
11.2.	Montaje y ejecución .....	66
11.2.1.	Descripción del montaje.....	66
11.2.2.	Control de calidad de la ejecución .....	67
11.3.	Prueba de servicio .....	67
11.3.1.	Prueba fuente de alimentación.....	67
11.3.2.	Prueba de conexión Wi-Fi .....	67
11.3.3.	Prueba de función de reinicio del sistema .....	68
11.3.4.	Prueba sensor de temperatura .....	68
11.3.5.	Prueba sensor de luminosidad .....	68
11.3.6.	Prueba interruptores.....	68
11.3.7.	Prueba relés.....	69
11.4.	Prueba general .....	69

En este documento quedan recogidas las condiciones técnicas del proyecto, además de las especificaciones que regularán la ejecución del proyecto. En el pliego, se fijan los niveles de calidad y exigencia que deben cumplir los materiales del diseño, así como se especifican controles de calidad para asegurar su correcto estado.

## 10. Normas de carácter general

Según la normativa vigente, es necesario el cumplimiento de los siguientes directivas y reglamentos:

- **Directiva de Baja Tensión (2014/35/UE):** Establece los requisitos mínimos de seguridad eléctrica para los productos de baja tensión dentro de la Unión Europea.
- **Directiva de Compatibilidad Electromagnética (2014/30/UE):** Establece los requisitos para garantizar que los dispositivos ni causen ni se vean afectados por interferencias electromagnéticas perjudiciales.
- **Directiva de Eficiencia Energética (2012/27/UE):** Establece los requisitos para promover la eficiencia energética
- **Reglamento (UE) 2016/679:** Establece las normas para la protección de datos personales.

## 11. Condiciones técnicas

Las presentes condiciones técnicas se aplican al producto desarrollado en la memoria; en ellas se describe las características mínimas de los componentes a utilizar, así como el proceso de montaje del producto. Quedan excluidas de las presentes condiciones técnicas, los procesos de fabricación de las carcasas y la placa de circuito impreso.

### 11.1. Materiales

A continuación, se detallan las características mínimas que debe cumplir cada parte del sistema:

#### 11.1.1. Electrónica

Los componentes que se van a describir a continuación siguen los valores y la nomenclatura especificados en el plano 05 (Componentes).

##### Microcontrolador

Microcontrolador de la familia ESP32 del fabricante Espressif, modelo ESP32-WROOM-32E con una memoria interna *flash* no inferior a los 8 MB. El ADC que incluye debe ser de 12 bits. La antena Wi-Fi tiene que estar integrada en el propio encapsulado, y debe ofrecer una señal de 2.4 GHz con el estándar IEEE 802.11.

## Relé

Los relés utilizados deben cumplir las siguientes características:

- Tipo de inserción *through hole*
- *Dual coil latching*
- Corriente de pico máxima de 100 A
- Corriente de carga de 16 A
- Tensión de trabajo de 250 V
- Seguir el *footprint* especificado en el plano 05

## Conectores externos

El conector utilizado debe soportar corrientes de hasta 16 A y debe estar compuesto por dos entradas con sujeción a presión mediante tornillo. El encapsulado no debe superar los 10 mm de amplitud, y la separación entre sus pines será de 5 mm.

## Sensor de temperatura

El sensor debe ser el TMP36 de Analog Devices, con el encapsulado TO-92. Dicho sensor cumple con las siguientes características: tensión de funcionamiento de 2,7 a 5,5 V, sensibilidad de 10 mV/° y rango de funcionamiento de -40 a 125 °C.

## Transistores

El transistor Q5 deberá tener características no inferiores a una corriente soportada de 2,5 A y un voltaje de 250 V. El resto de los transistores deberán ser capaces de manejar tensiones de 3,3 V y 300 mA.

## Diodos

Seguidamente se describen las características de cada diodo del circuito:

Para empezar, el diodo D1 debe poder soportar una potencia de 600 W y 150 V. El diodo D2, debe ser el especificado en el plano: UFS180JE3\_TR13. Por otro lado, D3 debe soportar 100 V y 150 mA. Por último, los diodos de protección de la bobina del relé (D5 a D8), deberán soportar una corriente de 300 mA.

## Circuitos integrados

El circuito integrado IC2 será el UCC28730DR, controlador tipo *Flyback*. El IC3 será el UCC24650DBVR tipo *Wake-up Monitor*.

### Componentes electrónicos pasivos

A continuación, se detallan las características que deben cumplir las resistencias, inductores y condensadores.

En cuanto a las resistencias, el LDR será la elegida para el diseño. Para el resto de las resistencias, la tolerancia no superará el 1%, exceptuando las resistencias R12 a R16 que podrán tener un máximo del 5%. Por otra parte, la potencia mínima que deberán soportar las resistencias R7 y R17 será de 0,1 W; de R1 a R4 y de R12 a R16 soportarán 0,5 W; y el resto de los resistores 63 mW.

Para los condensadores, la tolerancia máxima no deberá superar en ningún caso el 20%. Los valores de voltaje que debe soportar cada condensador quedan reflejados en el plano correspondiente.

Por último, la bobina L1 deberá tener un valor de 470  $\mu H$  con una tolerancia del 10%, mientras que L2 (B66308W1108T001) será la especificada en el plano.

### Control de calidad

Todos los componentes descritos, deberán cumplir con la normativa Lead free / Rohs. Asimismo, se habrá de realizar una inspección de los componentes para comprobar la integridad de estos y buscar desperfectos en su superficie.

#### 11.1.2. Componentes del chasis

Los componentes vienen definidos según las dimensiones marcadas en los planos 13 y 14 (Cotas parte superior y Cotas parte inferior).

Las dos piezas se deberán realizar mediante inyección plástica de material ABS o en su defecto utilizando el polímero ASA. En ambos casos, las piezas deberán tener un acabado semi rugoso en la parte externa. En cuanto al color, seguirán la guía PANTONE®; para la parte superior se deberá fabricar con el color *Bright White* (Pantone 11-0601 TCX), mientras que la parte inferior será de color negro (Pantone Black 7 C).

### Control de calidad

Para garantizar que las dimensiones sean correctas, se realizarán una serie de medidas mediante una regla calibrada, comprobando que los valores reales no difieran del rango de tolerancias especificado. En cuanto a la apariencia de las piezas, se tendrá que comprobar la rugosidad de la parte externa del chasis y comprobar mediante una guía plástica de PANTONE® que el color no difiera del esperado.

## 11.2. Montaje y ejecución

El siguiente apartado recoge los pasos a seguir para el montaje. Se describe también el proceso de validación para comprobar que el montaje ha sido el adecuado.

### 11.2.1. Descripción del montaje

Primeramente, antes de iniciar el montaje del sistema se deberán ordenar los materiales, incluyendo todas las partes del sistema y el *stencil* para verificar que se disponga de todos ellos según la lista de materiales del plano 05. Del mismo modo se preparan aquellas piezas que lo requieran y se asegurará de la disposición y correcto estado de la herramienta que se vaya a utilizar.

Con el objetivo de facilitar la instalación del *firmware*, esta se hará antes de montar el microprocesador en la placa. Para ello se insertará el módulo de procesado en un programador externo y se le instalará el *firmware* mediante un ordenador externo.

Una vez las piezas estén catalogadas y verificadas se procede al montaje; se colocará la placa de circuito impreso sobre una superficie plana, y se limpiará con alcohol isopropílico cualquier resto de suciedad visible. Se superpondrá el *stencil* sobre la placa y se alineará conforme el diseño de los *pads* de la capa superior; una vez alineado se asegurarán las piezas para evitar que se desplacen y se aplicará el estaño en pasta utilizando una espátula especializada para asegurar su correcta distribución. Por último, se retirará el exceso y se levantará la plantilla de posicionamiento para corroborar de manera visual la correcta aplicación de la pasta.

La PCB preparada se colocará en una máquina de montaje SMT y se procederá a colocar únicamente los componentes de montaje superficial según la distribución del plano 05, teniendo especial cuidado con los elementos con polaridad para asegurar su correcta orientación. Se retirará la placa de la máquina de montaje y se comprobará el correcto posicionamiento de los componentes.

Para proceder con el soldado, se introducirá la placa en un horno especializado para soldadura de componentes electrónicos, configurado con el perfil de temperatura que proporcione el fabricante de la pasta de estaño; en ningún caso se podrán sobrepasar los 240 °C ni prolongar la exposición del conjunto a una temperatura superior de 200 °C por un tiempo superior a un minuto.

Acabado el soldado de los componentes SMD, se dejará enfriar la pieza en el horno hasta que sea posible manipularla sin peligro. Una vez retirada la placa del horno se colocarán el resto de los componentes tipo *through hole*, mediante la inserción y soldadura manual con soldador por parte de un operario. Para finalizar el proceso de soldado, se cortará el sobrante de las patillas de los componentes y se limpiará la placa con disolvente diseñado para tal efecto.

Finalmente, se ensamblará la placa en la parte de la carcasa inferior con los elementos de sujeción, se insertará el LDR por el agujero correspondiente de la carcasa superior y se cerrará esta última mediante presión, completando el encapsulado, según lo descrito en el plano 03.

### 11.2.2. Control de calidad de la ejecución

El control de calidad se centrará especialmente en el montaje correcto de la PCB, en este aspecto es importante realizar una inspección para asegurar que las patillas de los componentes estén correctamente soldadas. También se debe examinar que no queden residuos sobre la superficie y que no se hayan producidos daños o desperfectos en la placa; estos problemas pueden derivar en un posible cortocircuito o deterioro prematuro del producto.

Se llevará a cabo un proceso de análisis de las conexiones del LDR, ya que debido a su diámetro se pueden partir con facilidad, especialmente se comprobará la unión con el estaño.

Por último, es necesario montar y desmontar la parte superior y la inferior del chasis para comprobar que cumplen con las tolerancias establecidas.

## 11.3. Prueba de servicio

A continuación, se detallan las pruebas que se deben realizar para asegurar el correcto funcionamiento de cada elemento del sistema.

### 11.3.1. Prueba fuente de alimentación

Identificador	01
Descripción	Comprobación del correcto funcionamiento de la fuente de alimentación.
Procedimiento	Conectar el dispositivo a la red mediante un medidor de potencia durante un tiempo no inferior a 5 minutos. En esta situación el microcontrolador no deberá seguir ninguna rutina y tendrá que estar en reposo para controlar que el consumo de corriente sea uniforme.
Resultado de la ejecución	El dispositivo deberá ser capaz de encenderse y mantener un consumo de corriente bajo y estable durante la duración de la prueba.

### 11.3.2. Prueba de conexión Wi-Fi

Identificador	02
Descripción	Comprobación de la transmisión de datos bidireccionalmente con el servidor, así como la correcta conexión a la red.
Procedimiento	Conectar el dispositivo con el servidor mediante la red Wi-Fi, enviar un paquete al microcontrolador y esperar su respuesta.
Resultado de la ejecución	El dispositivo deberá ser capaz de conectarse exitosamente y recibirá los datos de verificación correctamente.

### 11.3.3. Prueba de función de reinicio del sistema

<b>Identificador</b>	<b>03</b>
Descripción	Comprobación de los pines de reinicio del sistema.
Procedimiento	Conectar los pines metálicos de reinicio del sistema mediante un instrumento metálico o jumper por 5 segundos.
Resultado de la ejecución	El microcontrolador se reiniciará.

### 11.3.4. Prueba sensor de temperatura

<b>Identificador</b>	<b>04</b>
Descripción	Comprobación de la desviación del sensor de temperatura.
Procedimiento	Medir utilizando el sensor la temperatura de la habitación y contrastarla con un termómetro externo correctamente calibrado.
Resultado de la ejecución	La temperatura medida por el sistema no debería diferir de la real en más de $\pm 1$ °C.

### 11.3.5. Prueba sensor de luminosidad

<b>Identificador</b>	<b>05</b>
Descripción	Comprobación del rango del sensor de luminosidad.
Procedimiento	Encerrar el sistema en un recipiente que no permita el paso de la luz y realizar una medición; posteriormente, enfocar un haz de luz directamente sobre el sensor y realizar una segunda medición.
Resultado de la ejecución	Los resultados de las mediciones deberán ser los establecidos como mínimo y máximo.

### 11.3.6. Prueba interruptores

<b>Identificador</b>	<b>06</b>
Descripción	Comprobación de la correcta captación de la señal de los interruptores.
Procedimiento	Encender y apagar ambos interruptores respectivamente.
Resultado de la ejecución	El cambio de estado de los interruptores se deberá registrar en el microcontrolador.

### 11.3.7. Prueba relés

Identificador	07
Descripción	Comprobación del funcionamiento de los relés.
Procedimiento	Activar y desactivar ambos relés.
Resultado de la ejecución	La señal en la salida de ambos actuadores deberá cambiar acorde a su activación y desactivación.

### 11.4. Prueba general

Para finalizar, se realiza una prueba que utilice gran parte de los sistemas en conjunto para comprobar su correcto funcionamiento antes de empaquetar el producto. En esta prueba se comprobará el microcontrolador con las funciones de medición, tanto de luminosidad como de temperatura, así como el correcto funcionamiento de la fuente de alimentación y actuadores.

Sistema	Procedimiento
Fuente de alimentación	Comprobar que la fuente sea capaz de otorgar la corriente necesaria a lo largo de toda la prueba.
Microcontrolador	Comprobar que la señal de red se mantenga estable y se mantenga la conexión con el servidor.
Sensor temperatura	Comprobar que el sensor se adapta a un cambio de temperatura, mediante la aplicación de un chorro de aire caliente externo.
Sensor de luz	Comprobar que el sensor registra un cambio de luminosidad si se tapa el sensor.
Relés	Comprobar que los actuadores se enciendan y apaguen con los cambios de los sensores.

# PRESUPUESTO

## Contenido

12.	Precios elementales .....	70
13.	Cuadro de precios descompuestos .....	72
13.1.	Placa de circuito impreso .....	72
13.1.	Desarrollo de <i>firmware</i> .....	74
13.2.	Conjunto de chasis .....	75
13.3.	Conjunto completo del sistema .....	76
14.	Estado de mediciones .....	77
15.	Valoración.....	77

## 12. Precios elementales

<b>Ref</b>	<b>ud.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio (€)</b>
<b>Materiales</b>			
<b>m1</b>	ud.	Placa de circuito impreso Sistema de control	4,48
<b>m2</b>	ud.	Rectificadores de puente 600V 0.8A	0,47
<b>m3</b>	ud.	Condensadores de cerámica multicapa SMD 6.3V 22uF X5R 0805 20%	0,21
<b>m4</b>	ud.	Condensadores electrolíticos de aluminio 400volts 1uF 6.3x11	0,87
<b>m5</b>	ud.	Condensadores de cerámica multicapa SMD 0805 35V 6.8uF X5R 10% T: 1.25mm	0,55
<b>m6</b>	ud.	Condensadores de tantalio (polímero) 6.3volts 470uF ESR 18mohm	3,13
<b>m7</b>	ud.	Condensadores de película 400VDC 1.8uF 10% MPET L/S=27.5mm	1,06
<b>m8</b>	ud.	Condensadores de cerámica multicapa SMD 50V 0.1uF X7R 0805 10%	0,11
<b>m9</b>	ud.	Supresores de ESD / diodos TVS 600W 150.0V	0,38
<b>m10</b>	ud.	Rectificador	0,87
<b>m11</b>	ud.	Diodos y rectificadores Schottky 100V, 150mA	0,32
<b>m12</b>	ud.	Diodos y rectificadores Schottky SCHOTTKY RECTIFIER	0,87
<b>m13</b>	ud.	Diodos: de propósito general, potencia y conmutación Small Signal Diode	0,18
<b>m14</b>	ud.	Sensores de luz ambiental Ceramic Photocell	1,04
<b>m15</b>	ud.	Convertidores CA/CC Zero Standby PSR Flyback	1,51
<b>m16</b>	ud.	Monitores y reguladores de corriente y energía 200-V Wake-up Mon	0,60
<b>m17</b>	ud.	Alojamientos de cables y cabecera Classic PCB Header Strips, 0.100" pitch	0,49
<b>m18</b>	ud.	Inductores de potencia (SMD) 470uH 30% SMD 5028	0,84
<b>m19</b>	ud.	Núcleos y accesorios de ferrita FERRITE CORES & ACCS CF-E16/8/5-V-1S-8P	1,27
<b>m20</b>	ud.	Núcleos y accesorios de ferrita N87 1000 +30% -20%	0,55
<b>m21</b>	ud.	Transistores bipolares - BJT PBSS4310PAS-Q/SOT1061/HUSON3	0,47
<b>m22</b>	ud.	MOSFET N-Ch, 800V-3.8ohms Zener SuperMESH 2.5A	1,78
<b>m23</b>	ud.	Resistores de película gruesa - SMD ResPowerQ 1206 1k 1% 1/2W TC100	0,21
<b>m24</b>	ud.	Resistores de película gruesa - SMD 1/16watt 33.2Kohms 1%	0,09
<b>m25</b>	ud.	Resistores de película gruesa - SMD 1/16watt 118Kohms 1%	0,09
<b>m26</b>	ud.	Resistores de película gruesa - SMD 22 Ohms 100mW 0603 1%	0,09
<b>m27</b>	ud.	Resistores de película gruesa - SMD 1/16watt 1.69Kohms 1%	0,09
<b>m28</b>	ud.	Resistores de película gruesa - SMD 1.54 Ohms 125 mW 0805 1%	0,09
<b>m29</b>	ud.	Resistores de película gruesa - SMD 1/16watt 340ohms 1% 100ppm	0,09
<b>m30</b>	ud.	Resistores de película gruesa - SMD 1206 22.1Kohms 0.66W 1% AEC-Q200	0,26
<b>m31</b>	ud.	Resistores de película gruesa - SMD ResPowerQ 1206 10k 5% 1/2W TC200	0,19
<b>m32</b>	ud.	Resistores de película gruesa - SMD 1/10watt 10ohms 1%	0,09
<b>m33</b>	ud.	Sensores de temperatura montados en placa 3V TEMPERATURE SENSOR	1,91
<b>m34</b>	ud.	Módulos multiprotocolo SMD Module ESP32-WROOM-32E, ESP32-D0WD-V3, 16 MB SPI <i>flash</i> , PCB antena	3,38
<b>m35</b>	ud.	Bloques terminales fijos 5MM FIX PCB TERM BLK 2 CIRCUITS	1,18
<b>m36</b>	ud.	Relés universales 3volts 16A 1 <i>Coil Inrush Current</i> 100A	4,56
<b>m37</b>	ud.	Tornillo Allen de acero inoxidable M3x5mm con cabeza redondeada	0,09

<b>Ref</b>	<b>ud.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio (€)</b>
<b>m38</b>	ud.	Amortización molde de inyección ABS	25,00
<b>m39</b>	kg	Pellet ABS	2,18
<b>m40</b>	ud.	Packaging	4,50
<b>m41</b>	ud.	Kit de desarrollo ESP32	23,00
<b>m42</b>	ud.	Disipadores de calor, BGA, 8.5 x 8.5 x 8 mm	0,68

#### **M.O.D.**

<b>h1</b>	h	Programador	18,36
<b>h2</b>	h	Ingeniero Electrónico	19,38
<b>h3</b>	h	Técnico	11,28
<b>h4</b>	h	Diseñador	16,73

## 13. Cuadro de precios descompuestos

### 13.1. Placa de circuito impreso

<b>Ref</b>	<b>ud.</b>	<b>Descripción</b>			
<b>d1</b>	ud.	Ensamblaje del conjunto de componentes de la placa de circuito impreso, incluye el diseño y montaje del conjunto			
<b>Materiales</b>			<b>Precio</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Parcial</b>
<b>m1</b>	ud.	Placa de circuito impreso Sistema de control	4,48	1	4,48
<b>m2</b>	ud.	Rectificadores de puente 600V 0.8A	0,47	1	0,47
<b>m3</b>	ud.	Condensadores de cerámica multicapa SMD 6.3V 22uF X5R 0805 20%	0,21	2	0,41
<b>m4</b>	ud.	Condensadores electrolíticos de aluminio 400volts 1uF 6.3x11	0,87	1	0,87
<b>m5</b>	ud.	Condensadores de cerámica multicapa SMD 0805 35V 6.8uF X5R 10% T: 1.25mm	0,55	1	0,55
<b>m6</b>	ud.	Condensadores de tantalio (polímero) 6.3volts 470uF ESR 18mohm	3,13	1	3,13
<b>m7</b>	ud.	Condensadores de película 400VDC 1.8uF 10% MPET L/S=27.5mm	1,06	1	1,06
<b>m8</b>	ud.	Condensadores de cerámica multicapa SMD 50V 0.1uF X7R 0805 10%	0,11	3	0,34
<b>m9</b>	ud.	Supresores de ESD / diodos TVS 600W 150.0V	0,38	1	0,38
<b>m10</b>	ud.	Rectificador	0,87	1	0,87
<b>m11</b>	ud.	Diodos y rectificadores Schottky 100V, 150mA	0,32	1	0,32
<b>m12</b>	ud.	Diodos y rectificadores Schottky SCHOTTKY RECTIFIER	0,87	1	0,87
<b>m13</b>	ud.	Diodos: de propósito general, potencia y conmutación Small Signal Diode	0,18	4	0,72
<b>m14</b>	ud.	Sensores de luz ambiental Ceramic Photocell	1,04	1	1,04
<b>m15</b>	ud.	Convertidores CA/CC Zero Standby PSR Flyback	1,51	1	1,51
<b>m16</b>	ud.	Monitores y reguladores de corriente y energía 200-V Wake-up Mon	0,60	1	0,60
<b>m17</b>	ud.	Alojamientos de cables y cabecera Classic PCB Header Strips, 0.100" pitch	0,49	3	1,47
<b>m18</b>	ud.	Inductores de potencia (SMD) 470uH 30% SMD 5028	0,84	1	0,84
<b>m19</b>	ud.	Núcleos y accesorios de ferrita FERRITE CORES & ACCS CF-E16/8/5-V-1S-8P	1,27	1	1,27
<b>m20</b>	ud.	Núcleos y accesorios de ferrita N87 1000 +30% -20%	0,55	1	0,55
<b>m21</b>	ud.	Transistores bipolares - BJT PBSS4310PAS-Q/SOT1061/HUSON3	0,47	4	1,88
<b>m22</b>	ud.	MOSFET N-Ch, 800V-3.8ohms Zener SuperMESH 2.5A	1,78	1	1,78
<b>m23</b>	ud.	Resistores de película gruesa - SMD ResPowerQ 1206 1k 1% 1/2W TC100	0,21	4	0,83
<b>m24</b>	ud.	Resistores de película gruesa - SMD 1/16watt 33.2Kohms 1%	0,09	1	0,09
<b>m25</b>	ud.	Resistores de película gruesa - SMD 1/16watt 118Kohms 1%	0,09	1	0,09
<b>m26</b>	ud.	Resistores de película gruesa - SMD 22 Ohms 100mW 0603 1%	0,09	1	0,09

<b>Ref</b>	<b>ud.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Parcial</b>
<b>m27</b>	ud.	Resistores de película gruesa - SMD 1/16watt 1.69Kohms 1%	0,09	1	0,09
<b>m28</b>	ud.	Resistores de película gruesa - SMD 1.54 Ohms 125 mW 0805 1%	0,09	1	0,09
<b>m29</b>	ud.	Resistores de película gruesa - SMD 1/16watt 340ohms 1% 100ppm	0,09	1	0,09
<b>m30</b>	ud.	Resistores de película gruesa - SMD 1206 22.1Kohms 0.66W 1% AEC-Q200	0,26	1	0,26
<b>m31</b>	ud.	Resistores de película gruesa - SMD ResPowerQ 1206 10k 5% 1/2W TC200	0,19	5	0,94
<b>m32</b>	ud.	Resistores de película gruesa - SMD 1/10watt 10ohms 1%	0,09	1	0,09
<b>m33</b>	ud.	Sensores de temperatura montados en placa 3V TEMPERATURE SENSOR	1,91	1	1,91
<b>m34</b>	ud.	Módulos multiprotocolo SMD Module ESP32-WROOM-32E, ESP32-D0WD-V3, 16 MB SPI <i>flash</i> , PCB antena	3,38	1	3,38
<b>m35</b>	ud.	Bloques terminales fijos 5MM FIX PCB TERM BLK 2 CIRCUITS	1,18	5	5,90
<b>m36</b>	ud.	Relés universales 3volts 16A 1 <i>Coil Inrush Current</i> 100A	4,56	2	9,12
<b>m42</b>	ud.	Disipadores de calor, BGA, 8.5 x 8.5 x 8 mm	0,68	1	0,68

#### **M.O.D**

<b>h2</b>	h	Ingeniero Electrónico	19,38	35	678,30
<b>h3</b>	h	Técnico	11,28	1	11,28

#### **Medios auxiliares**

%		M. A. sobre costes directos	5	738,65	36,93
---	--	-----------------------------	---	--------	-------

**Precio e.m**      **775,58**

### 13.1. Desarrollo de *firmware*

<u>Ref</u>	<u>ud.</u>	<u>Descripción</u>			
<b>d2</b>	ud.	Desarrollo y testeo del <i>firmware</i> mediante la utilización de una placa de desarrollo, el producto final y elementos auxiliares como equipos de programación			
<u>Materiales</u>			<u>Precio</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Parcial</u>
<b>m41</b>	ud.	Kit de desarrollo ESP32	23,00	1	23,00
<u>M.O.D</u>					
<b>h1</b>	h	Programador	18,36	15	275,40
<b>h2</b>	h	Ingeniero Electrónico	19,38	2	38,76
<u>Medios auxiliares</u>					
%		M. A. sobre costes directos	30	337,16	101,15
			<b><u>Precio e.m</u></b>		<b>438,31</b>

## 13.2. Conjunto de chasis

<b>Ref</b>	<b>ud.</b>	<b>Descripción</b>			
<b>d3</b>	ud.	Diseño y encargo de fabricación del chasis superior			
<b>Materiales</b>					
<b>m38</b>	ud.	Amortización molde de inyección ABS	25,00	1	25,00
<b>m39</b>	kg	Pellet ABS	2,18	0,4	0,87
<b>M.O.D</b>					
<b>h3</b>	h	Técnico	11,28	0,5	5,64
<b>h4</b>	h	Diseñador	16,73	4	66,92
<b>Medios auxiliares</b>					
	%	M. A. sobre costes directos	30	31,512	9,45
			<b>Precio e.m</b>	<b>107,89</b>	
<b>d4</b>	ud.	Diseño y encargo de fabricación del chasis inferior			
<b>Materiales</b>					
<b>m38</b>	ud.	Amortización molde de inyección ABS	25,00	1	25,00
<b>m39</b>	kg	Pellet ABS	2,18	0,25	0,55
<b>M.O.D</b>					
<b>h3</b>	h	Técnico	11,28	0,5	5,64
<b>h4</b>	h	Diseñador	16,73	1	16,73
<b>Medios auxiliares</b>					
	%	M. A. sobre costes directos	30	25,55	7,66
			<b>Precio e.m</b>	<b>55,58</b>	
<b>d5</b>	ud.	Conjunto completo de chasis, incluye los costes asociados a la producción y manipulación, tornillería, amortización de los moldes y el chasis superior e inferior			
<b>Materiales</b>					
<b>d3</b>	ud.	Diseño y encargo de fabricación del chasis superior	107,89	1	107,89
<b>d4</b>	ud.	Diseño y encargo de fabricación del chasis inferior	55,58	1	55,58
<b>m37</b>	ud.	Tornillo Allen de acero inoxidable M3x5mm con cabeza redondeada	0,09	4	0,36
<b>Medios auxiliares</b>					
	%	M. A. sobre costes directos excluyendo d3 y d4	3	163,82	4,91
			<b>Precio e.m</b>	<b>168,74</b>	

### 13.3. Conjunto completo del sistema

<b>Ref</b>	<b>ud.</b>	<b>Descripción</b>			
<b>d6</b>	ud.	Conjunto completo compuesto por la placa de circuito impreso, el conjunto de chasis y el empaquetado			
<b>Materiales</b>			<b>Precio</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Parcial</b>
<b>d1</b>	ud.	Ensamblaje del conjunto de componentes de la placa de circuito impreso, incluye el diseño y montaje del conjunto	775,58	1	775,58
<b>d5</b>	ud.	Conjunto completo de chasis, incluye los costes asociados a la producción y manipulación, tornillería, amortización de los moldes y el chasis superior e inferior	168,74	1	168,74
<b>m40</b>	ud.	Packaging	4,50	1	4,50
<b>Medios auxiliares</b>					
%		M. A. sobre costes directos excluyendo d1 y d5	2	944,32	18,89
			<b>Precio e.m</b>		<b>967,71</b>

## 14. Estado de mediciones

<u>Ref.</u>	<u>ud.</u>	<u>Descripción de la partida</u>	<u>Cantidad</u>
d2	ud.	Desarrollo y testeo del <i>firmware</i> mediante la utilización de una placa de desarrollo, el producto final y elementos auxiliares como equipos de programación	1
d6	ud.	Conjunto completo compuesto por la placa de circuito impreso, el conjunto de chasis y el empaquetado	1

## 15. Valoración

<u>Ref.</u>	<u>ud.</u>	<u>Descripción</u>	<u>Precio</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Total</u>
d2	ud.	Desarrollo y testeo del firmware mediante la utilización una placa de desarrollo, el producto final y elementos auxiliares como equipos de programación	438,31	1	438,31
d6	ud.	Conjunto completo compuesto por la placa de circuito impreso, el conjunto de chasis y el empaquetado	967,71	1	967,71

**Total presupuesto de ejecución material: 1406,01**

%	Beneficio industrial sobre presupuesto final	13	182,78
%	Gastos generales	6	84,36

**Total presupuesto sin I.V.A: 1673,16**

%	Impuesto Valor Añadido (I.V.A)	21	351,36
---	--------------------------------	----	--------

**Total presupuesto con I.V.A: 2024,52**

El presupuesto de ejecución material de este proyecto asciende a la cantidad de

**DOS MIL VEINTICUATRO CON CINCUENTA Y DOS (#2024,52#)**