



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Sistema de seguridad con reconocimiento facial
aplicado al acceso a un bloque de apartamentos

Security system based on facial recognition for
access to apartment building

Autor

Luis Arbós Gómez

Director

Javier Esteban Escaño

Escuela Universitaria Politécnica La Almunia
2020



**Escuela Universitaria
Politécnica - La Almunia**
Centro adscrito
Universidad Zaragoza

**ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA
DE LA ALMUNIA DE DOÑA GODINA (ZARAGOZA)**

MEMORIA

Sistema de seguridad con
reconocimiento facial aplicado al acceso a
un bloque de apartamentos

Security system based on facial
recognition for access to apartment
building

424.19.16

Autor: Luis Arbós Gómez

Director: Javier Esteban Escaño

Fecha: 22/09/2020

INDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|----------|
| 1. RESUMEN | 1 |
| 1.1. PALABRAS CLAVE | 1 |
| 2. ABSTRACT | 2 |
| 3. INTRODUCCIÓN | 3 |
| 3.1. MOTIVACIÓN | 3 |
| 3.2. OBJETIVOS | 4 |
| 4. ESTADO DEL ARTE | 5 |
| 4.1. ANTECEDENTES | 5 |
| 4.1.1. Reconocimiento Facial Utilizando una Raspberry Pi | 5 |
| 4.1.2. Reconocimiento Facial Utilizando un ESP32-Cam | 7 |
| 4.1.3. Trigger Me Elmo | 8 |
| 4.2. MARCO TEÓRICO | 9 |
| 4.2.1. Cerraduras | 9 |
| 4.2.1.1. Tipos de cerraduras | 9 |
| 4.2.1.1.1. Cerraduras de sobreponer | 9 |
| 4.2.1.1.2. Cerraduras de pomo | 10 |
| 4.2.1.1.3. Cerraduras Gorjas | 10 |
| 4.2.1.1.4. Cerraduras embutidas | 11 |
| 4.2.1.1.5. Cerraduras de seguridad | 11 |
| 4.2.1.1.6. Cerraduras multipunto | 12 |
| 4.2.1.1.7. Cerraduras digitales | 12 |
| 4.2.1.2. Partes de una Cerradura | 14 |
| 4.2.1.2.1. Pomo | 14 |
| 4.2.1.2.2. Bombín | 14 |
| 4.2.1.2.3. Frontal | 14 |
| 4.2.1.2.4. Resbalón | 14 |
| 4.2.1.2.5. Paletón | 14 |
| 4.2.1.2.6. Cerradero | 14 |
| 4.2.2. Visión Artificial | 15 |
| 4.2.2.1. ¿Qué es la Visión Artificial? | 15 |
| 4.2.2.2. Métodos de captación de imágenes | 16 |
| 4.2.2.3. Cámaras | 18 |

INDICES

| | | |
|------------|--|-----------|
| 4.2.2.4. | Iluminación | 21 |
| 4.2.2.5. | Software | 22 |
| 4.2.2.6. | Tipos de sistemas de visión artificial | 23 |
| 4.2.2.6.1. | Sistemas de visión 1D | 23 |
| 4.2.2.6.2. | Sistemas de visión 2D | 23 |
| 4.2.2.6.3. | Sistemas de visión 3D | 24 |
| 4.2.3. | <i>Reconocimiento Facial</i> | 25 |
| 4.2.3.1. | ¿Dónde se utiliza? | 27 |
| 4.2.4. | <i>Detección Facial</i> | 30 |
| 4.2.5. | <i>Memoria SD</i> | 33 |
| 5. | DESARROLLO | 34 |
| 5.1. | DISEÑO ELECTRÓNICO | 38 |
| 5.1.1.1. | Alimentación | 39 |
| 5.1.1.2. | Batería | 40 |
| 5.1.1.3. | Fuente de Alimentación | 40 |
| 5.1.2. | <i>ESP32-Wrover</i> | 43 |
| 5.1.3. | <i>Sensor de Movimiento PIR</i> | 45 |
| 5.1.3.1. | Principio de funcionamiento: | 45 |
| 5.1.4. | <i>Motor</i> | 46 |
| 5.1.5. | <i>Diseño electrónico del proyecto</i> | 47 |
| 5.2. | DISEÑO MECÁNICO | 54 |
| 5.2.1. | <i>Soporte del Motor</i> | 59 |
| 5.2.2. | <i>Pieza de Agarre</i> | 59 |
| 5.2.2.1. | Llave Cuadrada | 59 |
| 5.2.2.2. | Llave Circular | 60 |
| 5.2.2.3. | Llave Triangular | 61 |
| 5.3. | DISEÑO DE SOFTWARE | 62 |
| 5.3.1. | <i>Software Principal</i> | 67 |
| 5.3.2. | <i>Software Extra</i> | 73 |
| 6. | CONCLUSIONES | 81 |
| 7. | BIBLIOGRAFÍA | 82 |

INDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|--|----|
| Ilustración 1: Raspberry PI 3 (B, 2020) | 5 |
| Ilustración 2: ESP32-Cam (-Thinker, 2019)..... | 7 |
| Ilustración 3: Trigger Me Elmo (Reeves, 2018) | 8 |
| Ilustración 4: Cerradura de sobreponer (Vargas, 2019) | 9 |
| Ilustración 5: Cerradura de pomo (Vargas, 2019) | 10 |
| Ilustración 6: Cerradura de Gorjas (Vargas, 2019)..... | 10 |
| Ilustración 7: Cerradura de embutir (Vargas, 2019) | 11 |
| Ilustración 8: Cerradura de seguridad (Vargas, 2019) | 11 |
| Ilustración 9: Cerradura de tres puntos (Vargas, 2019) | 12 |
| Ilustración 10: Cerradura digital (Vargas, 2019) | 12 |
| Ilustración 11: Sistema de visión artificial de 1D..... | 23 |
| Ilustración 12: Sistema de visión artificial de 2D..... | 23 |
| Ilustración 13: Sistema de visión artificial de 3D..... | 24 |
| Ilustración 14: Diseño 3D aproximado del Sistema cara exterior (Elaboración Propia) | 34 |
| Ilustración 15: Diseño 3d aproximado del Sistema cara interior (Elaboración Propia) | 35 |
| Ilustración 16: Pletina soporte de Cámara y Sensor PIR (Elaboración Propia) ... | 36 |
| Ilustración 17: Aproximación visual pletina con Cámara y sensor PIR (Elaboración Propia) | 37 |
| Ilustración 18: Esquema de Alto Nivel del diseño electrónico (Elaboración Propia) | 38 |
| Ilustración 19. Circuito de Red a 3.3VDC (Elaboración Propia) | 41 |
| Ilustración 20. Circuito de Batería a 5VDC (Elaboración Propia) | 41 |
| Ilustración 21. Circuito de Batería a 12VDC (Elaboración Propia) | 42 |
| Ilustración 22. Circuito de 3.3VDC a 2.8VDC y 1.2VDC (Elaboración Propia)..... | 42 |

INDICES

| | |
|---|----|
| Ilustración 23: ESP32-Wrover (OpenSource, 2018)..... | 43 |
| Ilustración 24: Esquema conexionado lector SD al ESP32 (Elaboración Propia) . | 44 |
| Ilustración 25: Esquema conexionado Cámara y sensor PIR al ESP32 (Elaboración Propia)..... | 44 |
| Ilustración 26: Sensor de movimiento PIR HC-SR501 (SA, 2017)..... | 45 |
| Ilustración 27: Esquema conexionado del motor y sensor de efecto Hall al ESP32 (Elaboración Propia) | 47 |
| Ilustración 28: Esquema completo del sistema (Elaboración Propia) | 48 |
| Ilustración 29: PCB Vista Frontal (Elaboración Propia) | 48 |
| Ilustración 30: PCB Vista Trasera (Elaboración Propia) | 49 |
| Ilustración 31: Esquema de Cableado Eléctrico (Elaboración Propia) | 50 |
| Ilustración 32: Esquema Cableado Eléctrico para Montaje (Elaboración Propia) . | 51 |
| Ilustración 33: Representación simulada del sistema (Elaboración Propia) | 52 |
| Ilustración 34: Representación simulada del sistema (Elaboración Propia) | 52 |
| Ilustración 35: Representación simulada del sistema (Elaboración Propia) | 53 |
| Ilustración 36: Diseño del conjunto (Elaboración Propia) | 55 |
| Ilustración 37: Diseño del extremo polivalente (Elaboración Propia) | 55 |
| Ilustración 38: Diseño de la Cobertura del Motor (Elaboración Propia) | 56 |
| Ilustración 39: Diseño de la Cobertura Auxiliar (Elaboración Propia) | 56 |
| Ilustración 40: Pletina Soporte de la Cámara y el Sensor PIR (Elaboración Propia) | 57 |
| Ilustración 41: Carcasa de la PCB (Elaboración Propia) | 57 |
| Ilustración 42: Tapa Carcasa de la PCB (Elaboración Propia) | 58 |
| Ilustración 43: Llave de cabezal cuadrado (UnaCasaDiferente, 2020) | 60 |
| Ilustración 44: Llave de cabezal circular (Dreamstime, 2017)..... | 60 |
| Ilustración 45: Extremo Polivalente (Elaboración Propia) | 61 |
| Ilustración 46: Extremo Polivalente (Elaboración Propia) | 61 |
| Ilustración 47: Diagrama UML del Sistema Completo (Elaboración Propia) | 63 |



| | |
|---|----|
| Ilustración 48: Modo 1 del Sistema (Elaboración Propia) | 64 |
| Ilustración 49: Modo 2 del Sistema (Elaboración Propia) | 65 |
| Ilustración 50: Diagrama Apertura del Motor (Elaboración Propia) | 66 |
| Ilustración 51: Caso de Uso Habitual del Sistema (Elaboración Propia) | 69 |
| Ilustración 52: Casos de Uso Rostro No Reconocido (Elaboración Propia) | 70 |
| Ilustración 53: Caso de Uso Apertura con la Aplicación (Elaboración Propia) | 71 |
| Ilustración 54: Caso de Uso Motor Giro Invertido o Sin Giro (Elaboración Propia) | 72 |
| Ilustración 55. Aplicación Móvil Para Múltiple Vivienda (Elaboración Propia) | 73 |
| Ilustración 56. Aplicación Móvil Vivienda Única (Elaboración Propia) | 74 |
| Ilustración 57: Funcionamiento Aplicación Móvil (Elaboración Propia) | 76 |
| Ilustración 58: Caso de Uso Habitual de la Aplicación (Elaboración Propia) | 77 |
| Ilustración 59: Caso de Uso Bluetooth No Conectado (Elaboración Propia) | 78 |
| Ilustración 60: Casos de Uso el Usuario se equivoca de Punto de Conexión (Elaboración Propia)..... | 78 |
| Ilustración 61: Caso de Uso No Conecta con el Sistema (Elaboración Propia).... | 79 |
| Ilustración 62: Caso de Uso Código Alfanumérico Erróneo (Elaboración Propia) | 80 |

1. RESUMEN

En este proyecto se ha llevado a cabo el análisis y la investigación del actual campo de las cerraduras y los sistemas de apertura de puerta de última generación. Además, se ha investigado acerca de la visión artificial y los conocimientos básicos acerca de reconocimiento facial y sus usos actuales. Esta información se ha juntado para estudiar y desarrollar una alternativa viable a la apertura de cerraduras convencionales, y a las de última generación, añadiendo otra opción al mercado actual.

El proyecto se ha planteado por partes, inicialmente un estudio tanto del campo de las cerraduras como de la visión artificial industrial, hasta llegar a la detección facial y finalmente al reconocimiento facial. Todo esto recogido en el estado del arte de este proyecto.

A partir de ahí se ha diseñado el circuito electrónico, con el que posteriormente se desarrolló la placa de circuito impreso que recoge todo el circuito. Todo el desarrollo electrónico se realizó mediante el software de diseño de circuitos KiCAD. Una vez terminado ese apartado, se procedió a realizar el diseño mecánico del proyecto, dividiendo este en piezas más simples para luego juntarlo en el diseño final. Este diseño se ha realizado mediante el uso del software AutoDesk Inventor.

Finalmente se encuentra el código del sistema y la aplicación móvil auxiliar. La programación del software que controla todo el sistema de apertura se realizó mediante el uso del marco de trabajo de Arduino, compatible con el módulo utilizado como microprocesador. Con este programa se ha creado el código que hace funcionar al sistema de forma apropiada siguiendo los procesos deseados. A partir de ahí finalmente se desarrolló una pequeña y simple aplicación móvil para realizar una apertura alternativa del sistema. Toda esta aplicación fue programada por bloques.

1.1. PALABRAS CLAVE

- Reconocimiento Facial
- Cerradura
- Cerradura Inteligente
- Cerradura Digital

2. ABSTRACT

In this project the current field of locks and the latest generation door opening systems has been analyzed and researched. In addition, it has been researched about computer vision and basic knowledge about facial recognition and its uses today. This information has been gathered to study and try to develop a viable alternative to conventional and next-generation locks, adding another option to the market.

The project has been proposed in different parts, initially a study of both the field of locks and industrial computer vision, until reaching facial detection and finally facial recognition. All this has been collected in the state of the art of this project.

From there, the electronic circuit has been designed, later the printed circuit board that collects the entire circuit was developed. All electronic development was done using KiCAD circuit design software. Once this section was finished, the mechanical design of the project was carried out, dividing it into simpler pieces and then putting it together in the final design. This design has been made using AutoDesk Inventor software.

Finally, you will find the system code and the auxiliary mobile application. The programming of the software that controls the entire aperture system was done by using the Arduino framework, compatible with the module used as a microprocessor. With this program, the code has been created to make the system work properly following the desired processes. From there, a small and simple mobile application was finally developed to perform an alternative opening of the system. All this application was programmed by blocks.

3. INTRODUCCIÓN

3.1. MOTIVACIÓN

El sentimiento de inquietud, y de una gran curiosidad científica, fue la motivación que me llevó a la elección de este tema. El poder realizar algún tipo de trabajo con visión artificial, reconocimiento de voz o reconocimiento facial era mi objetivo desde hacía un tiempo. Esta inquietud, u objetivo, procede de la gran multitud de proyectos que aparecen en internet, y la curiosidad de saber investigar y probar siempre ayudan en estos casos. El hecho de haber pasado muchas horas de mi vida viendo películas y videos de ciencia ficción, haber visto decenas de vídeos de Michael Reeves a lo largo de mis estudios universitarios. Michael Reeves es un diseñador de software muy conocido en internet por los proyectos que lleva a cabo, entre ellos "Trigger Me Elmo" (Reeves, 2018), un muñeco de peluche al que le instaló un sistema de reconocimiento facial y racial. Esta persona, principalmente, fue la que me motivó a realizar un proyecto con reconocimiento facial.

Con estas ideas en mente fui a preguntar a la primera persona que sabía que me podría ayudar, Javier Esteban. Javier ante mis preguntas me comentó distintas ideas relacionadas con el tema, y la que más me llamó la atención fue utilizar el reconocimiento facial como seguridad en un hogar, que posteriormente tras debatirlo, lo trasladamos hasta seguridad en un bloque de apartamentos.

El hecho de utilizar el reconocimiento facial en un bloque de apartamentos, me pareció una gran idea, dado que a día de hoy más y más personas alquilan pisos y/o apartamentos y con esto se podría reducir el uso de las llaves convencionales. Además, en un futuro hay muchas posibilidades de adaptar el proyecto a las necesidades del mercado añadiéndolo a la apertura de habitaciones de hoteles, o de despachos en oficinas, por ejemplo.

3.2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es investigar la posibilidad de crear un sistema alternativo de apertura de puertas a los conocidos actualmente. Para ello se dividirá en subobjetivos como:

Investigar y aprender lo posible acerca de las cerraduras actuales.

Buscar información acerca de la visión artificial y del reconocimiento facial.

Idear un sistema de apertura alternativa a los sistemas actuales.

En este caso, este trabajo está centrado principalmente en el desarrollo de una alternativa a la apertura convencional para un bloque de apartamentos, a pesar de que se podría utilizar en cualquier otro tipo de vivienda, habitación de hotel u oficina.

El trabajo estará formado por un diseño electrónico hecho específicamente para este proyecto. La placa de circuito impreso diseñada será la encargada de realizar todo a la vez, desde el reconocimiento facial hasta la apertura de la puerta. Si el sistema no reconoce a la persona en varios intentos, en ese caso el sistema tomará una imagen del sujeto que intenta entrar y procederá a subirla a un servidor FTP. Además, se ideó una alternativa de apertura en caso de que el sistema no reconozca a la persona, pero aun así no sea un intruso. Se dispondrá de una opción de realizar la apertura de la puerta mediante Bluetooth. Hecho esto la placa de circuito impreso (PCB) también se encargará de abrir y cerrar la puerta del apartamento o vivienda.

La idea está basada en un bloque de apartamentos, dado el hecho que actualmente se estén cambiando cerraduras convencionales por otras más modernas y con menos uso de llaves, aunque internamente funcionan igual. Esta práctica está yendo en aumento sobre todo en pisos y apartamentos de alquiler por noches, facilitando así el alquiler de los mismos y reduciendo la necesidad de contacto real entre arrendador y arrendatario. Empresas como AirBnB se han abierto mucho camino con el tiempo y con esta aplicación se ofrecería una alternativa al uso de llaves convencionales. También podría empezar a introducirse en el mercado de los hoteles, dado el hecho de que, a efectos prácticos es lo mismo pagar una habitación de hotel para unos días, que alquilar un piso para unos días. Actualmente los hoteles utilizan un sistema de apertura con tarjetas con banda magnética y lectores de la misma, o lectores RFID. Que a día de hoy se siga empleando un método con tarjetas no implica que no pueda evolucionar y avanzar a algo más moderno como la apertura mediante el teléfono móvil, la cara o las huellas.

4. ESTADO DEL ARTE

4.1. ANTECEDENTES

4.1.1. Reconocimiento Facial Utilizando una Raspberry Pi

Este es un proyecto encontrado en internet, y junto con el siguiente forman el conjunto del que parte este trabajo en el desarrollo. En este trabajo Muhammed Aqib, el diseñador de este, básicamente utiliza una Raspberry Pi como ordenador central de un sistema que detectará un rostro, comprobará si coincide con el que tiene guardado y en caso de ser así, desbloqueará una cerradura.



Ilustración 1: Raspberry PI 3 (B, 2020)

Para ello divide este proyecto en tres partes:

La primera de todas, y la más importante, el desarrollo del software de reconocimiento facial y la recogida de suficientes datos como para que funcione correctamente este sistema. Para ello utiliza un código en Python, desarrollado como ya se ha comentado, por él mismo. Además de este código necesita al menos 30 imágenes de cada persona y el software OpenCV, que es básicamente una librería desarrollada por Intel, para fomentar la visión artificial. En este caso se utilizan el OpenCV como software pre entrenado para la clasificación de imágenes.

Estado del Arte

La segunda parte es, aunque venga ya preparado, entrenar el software. El término entrenar se utiliza en inteligencia artificial, por ejemplo, en este caso hace referencia a realizar un número mínimo de pruebas para comprobar que efectivamente el código, y, por ende, el reconocimiento funciona tal y como debe.

Una vez entrenado, solo queda la tercera y última parte, pasar a la acción, utilizar el sistema de reconocimiento para que, efectivamente reconozca el rostro de la persona que tiene delante e identifique si es alguien conocido o desconocido, y si es conocido determine quién es.

El sistema en realidad no dictamina que persona es o no es, sino que proporciona un valor, dado en tanto por cien, de exactitud que tiene en relación a su base de datos, es decir, si una persona X se pone delante de la cámara, el sistema no devuelve esta persona es X, lo que realmente hace es decir esta persona parece que está registrada porque coincide en un 93.5% con X, siendo X un rostro registrado en la base de datos. Obviamente el valor que dado es completamente aleatorio para aclarar el concepto.

A partir de ahí solo queda añadir una cerradura electrónica y que cuando el porcentaje de coincidencia del sistema sea mayor a 70% (el valor ha sido escogido por Muhammed Aqib) (Aqib, 2019), se abra la cerradura.

Aun así, al final de este proyecto nos remarca que los sistemas de reconocimiento facial no son 100% efectivos, al menos por el momento, y que, en este caso, como es un sistema sumamente básico tiene algunos fallos, como por ejemplo que la cámara no detecta la profundidad, por lo que se podría desbloquear con una imagen impresa, o que en condiciones de escasa luz funciona peor.

Estas son algunas cosas que se tendrán en cuenta este trabajo, y se intentarán contrarrestar o compensar en la medida de lo posible. (Aqib, 2019)

4.1.2. Reconocimiento Facial Utilizando un ESP32-Cam

Este es el segundo de los proyectos en que se basa este trabajo de fin de grado. En este caso nos encontramos un proyecto sencillo, propiedad de WordBot, en el que utiliza un ESP32-Cam, conectado a un relé y a una cerradura para desbloquear una puerta. Un sistema electrónico básico pero efectivo. Obviamente a nivel industrial o empresarial no se haría nunca uso de un sistema así, pero es un buen ejemplo para tomar como base o incluso para probar a implementarlo en casa.

En este caso, el autor no ha dejado mucho a la imaginación, utilizó el código de ejemplo que nos proporciona el mismo fabricante, Espressif Systems. Con este ejemplo podemos crear un servidor web dentro de nuestra red wifi utilizando cualquier esp32 con cámara. Además, existe la opción de cambiar la configuración de la cámara e incluir sistemas más complejos, como la detección facial o el reconocimiento facial. Lo que sí se nos proporciona son los componentes que lo forman, y el código en C/C++.



Ilustración 2: ESP32-Cam (-Thinker, 2019)

Este sistema sigue un patrón similar al anterior lo que hace, en cuanto un rostro sea detectado, se realiza una comprobación para saber si está en la base de imágenes que posee, en el caso de que sea correcto, se desbloquea la cerradura. Para la conexión, ya se ha mencionado que se utilizó un ESP32-Cam, conectado a un relé y esté conectado a una cerradura externa, es decir, no es una cerradura de bombín, sino más bien un pasador eléctrico, que haría el mismo efecto, dado que esta persona no lo implementa en la puerta principal de una casa, sino en la puerta de una terraza. A efectos prácticos sería completamente igual, solo cambiaría la cerradura, el conexionado se mantendría igual. (RobotZeroOne, 2019)

4.1.3. *Trigger Me Elmo*

Trigger Me Elmo, es de hecho, el proyecto culpable de haber escogido este tema para la realización del trabajo de fin de grado. Este proyecto es de Michael Reeves, un gran referente dentro del mundo de los proyectos en internet a día de hoy. Este consiste en un muñeco de peluche de Elmo, al que Michael Reeves le añadió un sistema animatrónico junto con unos altavoces, consiguiendo así que cuando el muñeco pudiera decir frases preprogramadas mientras sus brazos y su boca se mueven.

A parte de esto le insertó al muñeco una cámara en el ojo. Esta estaba conectada a un software desarrollado por él mismo, que detectaba tu rostro y analizaba tu raza, y lo comparaba con su base de datos de imágenes extraídas de internet. Una vez tenía claro qué raza tiene la persona que está analizando, el robot reproducía por los altavoces una frases ofensiva y aleatoria sobre dicha raza, a la vez que movía brazos y boca. Con esto consiguió realizar el que hasta la fecha ha sido el primer y único robot racista de internet, devolviendo una jocosa frase sobre tu raza, y combinándolo con el sistema animatrónico para darle más realismo al juguete.

Realmente quizás no se aprecia el parecido del proyecto del Elmo con este pero sigue el mismo principio. Su proyecto lo que hace es utilizar un software de detección facial y reconocimiento racial para determinar a qué raza perteneces, y con lo consiguiente lleva a cabo la acción pertinente. En el caso de este trabajo, lo que deberá realizar el software es detectar un rostro, capturar una imagen del mismo y compararlo con una base de datos, una vez sepa si es o no una persona determinada, llevará a cabo la acción pertinente. (Reeves, 2018)



Ilustración 3: Trigger Me Elmo (Reeves, 2018)

4.2. MARCO TEÓRICO

4.2.1. Cerraduras

En este apartado se explicarán los distintos tipos de cerradura existentes actualmente y las partes que forman dichas cerraduras.

En la actualidad se encuentran distintos tipos de cerraduras en función de en que puerta se vayan a colocar, o que utilidad se le vaya a dar, dado que no se colocará la misma la cerradura en la puerta principal de tu vivienda, donde lo que se busca es la máxima seguridad, que en la del aseo. Además, en el caso de que se viva en una casa de última generación, con un potente sistema de domótica, se podría incluir un sistema de reconocimiento facial para garantizar el acceso a la vivienda y a todas sus habitaciones. Por ello se va a proceder a realizar la distinción entre los distintos tipos de cerraduras que existen, sirvan o no para una puerta principal de una vivienda.

4.2.1.1. Tipos de cerraduras

4.2.1.1.1. Cerraduras de sobreponer

En este caso nos encontramos con uno de los tipos de cerradura más básico que tiene el mercado. Se utilizan para puertas muy finas, y antiguamente eran bastante sencillas de forzar, a día de hoy, y dada la notable mejora de los materiales de construcción que se utilizan para la misma, tienen un nivel de seguridad que se podría considerar aceptable.



Ilustración 4:
Cerradura de sobreponer (Vargas, 2019)

4.2.1.1.2. Cerraduras de pomo

Las cerraduras de pomo son un tipo de cerradura muy común y barata, pensada para usarse en puertas de armarios, despensas o aseos, pero jamás en puertas principales de las casas. Cierto es que ha ido mejorando el mecanismo interno que portan, pero aun así no llegan, ni llegarán nunca a alcanzar un nivel mínimo de seguridad como para añadirlas a la puerta principal de una vivienda.

Estas son conocidas como cerraduras de pomo o de cilindro.



Ilustración 5:
Cerradura de pomo (Vargas, 2019)

4.2.1.1.3. Cerraduras Gorjas

Realmente este tipo de cerraduras no necesitan ni mención, dado que es un tipo de cerradura completamente en desuso porque todos los demás tipos de cerraduras son mucho más cómodos de utilizar.

Las cerraduras Gorjas, también conocidas como Borjas, utilizan una gran llave con una espiga muy larga y dentado en ambos lados de la misma. Años atrás era de los tipos de cerraduras más utilizados, pero a día de hoy y dada la increíble mejora de los demás tipos de cerradura existentes ha dejado de utilizarse.

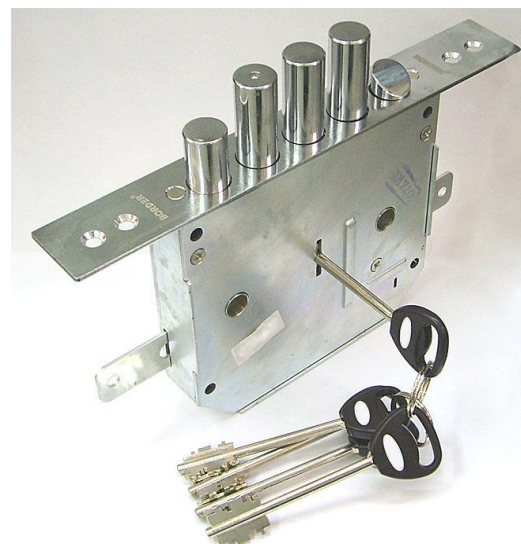


Ilustración 6:
Cerradura de Gorjas (Vargas, 2019)

También cabe remarcar que para este tipo de cerradura se utilizaba una llave increíblemente grande, y difícil de llevar en un bolsillo, en comparación con las que se utilizan actualmente.

4.2.1.1.4. Cerraduras embutidas

Estas son, en la actualidad, el modelo más utilizado en las viviendas. Son las que se colocan en la parte interior de la puerta. Normalmente se acompañan con algún mecanismo de más para reforzar la seguridad.

Estas también son conocidas como cerraduras empotradas o embutidas, porque al ir dentro de la puerta solo dejan ver, por la parte exterior, el hueco donde va la llave. En la parte interior, normalmente, se les coloca una manivela o un pomo para poder accionarla.



Ilustración 7:
Cerradura de embutir (Vargas, 2019)

Como ya se ha comentado estas puertas son las más utilizadas actualmente por el buen resultado que dan, por poder añadirles otros mecanismos de seguridad, y porque se pueden implementar tanto en puertas de madera como en puertas metálicas.

4.2.1.1.5. Cerraduras de seguridad

Tal y como indica su nombre las cerraduras de seguridad son aquellas que nos proporcionan una mayor seguridad. Son más difíciles de forzar utilizando palancas, dado que están formadas por varios pernos y no solo por uno. Dentro de estas podemos encontrarnos distintas cerraduras, pueden ser sobrepuestas, embutidas o multipunto. Técnicamente estas no son una categoría sino una subcategoría de las anteriormente mencionadas.



Ilustración 8:
Cerradura de seguridad (Vargas, 2019)

4.2.1.1.6. Cerraduras multipunto

Cerraduras multipunto son un tipo de cerraduras principalmente de seguridad, como ya se ha mencionado en el apartado anterior. Estas están formadas por una barra que recorre toda la puerta con lo que cuando se acciona, desbloquean la puerta en distintos puntos reforzando así la seguridad y evitando el forzado de las mismas.

Este tipo de cerraduras está pensado para puertas blindadas o puertas acorazadas, aunque podríamos añadirlas en cualquier puerta de vivienda, mejorando enormemente su seguridad.



Ilustración 9: Cerradura de tres puntos (Vargas, 2019)

4.2.1.1.7. Cerraduras digitales

También conocidas como cerraduras electrónicas, estas son el futuro de las cerraduras. Actualmente se utilizan mucho en hoteles, o en garajes, pero a medida que avancen los años se implementarán cada vez más y más en las viviendas. Este tipo de cerraduras se desbloquean sin necesidad de llave. En su lugar utilizan desbloques modernos como puede ser un código numérico, o una tarjeta, uso muy común en hoteles. También hay otras opciones que irán ganando terreno como puede ser desbloqueo por huella, reconocimiento de voz, reconocimiento facial, etc.



Ilustración 10: Cerradura digital (Vargas, 2019)

En cuanto al funcionamiento de las mismas dependerá del tipo de tecnología que integren. Se encuentran distintos tipos en el mercado actual, entre las que destacan las más usadas, como pueden ser las de los

garajes, que se desbloquean con un mando. También las cerraduras de entrada con teclado, que se desbloquean mediante un código numérico, o las de las habitaciones de los hoteles, que suelen ser cerraduras de desbloqueo por tarjeta magnética. Realmente este último tipo no es utilizado a nivel de una vivienda, dado que el factor que más se tiene en cuenta es el de la comodidad, y el hecho de tener que sacar una tarjeta de una bolsa, un bolsillo, o cualquier sitio donde este guardada, nos deja en unas condiciones similares a las de usar una llave. Por otro lado, al utilizar un pin numérico, una aplicación móvil, un mando, reconocimiento facial o de voz, hace que se facilite la entrada sin la necesidad de estar rebuscando esa llave o tarjeta.

En la actualidad cada vez son más las empresas que se suman al uso de cerraduras inteligentes, digitales o electrónicas, dejando perfectamente claro que son fiables como cualquier otra o incluso más.

Estas poseen un sistema electrónico interno que, obviamente, funciona mediante luz. Aun así, para el caso de que se vaya la luz o alguien la cortase, seguirían permitiendo el acceso, dado que llevan un sistema propio de alimentación para estos casos.

En este trabajo se desarrollará un tipo de cerradura digital, o electrónica, utilizando reconocimiento facial, como bien ha sido mencionado en apartados anteriores.

Estos últimos métodos no están tan desarrollados como para ser implementados en la mayoría de hogares, no están tan comercializados todavía, pero ya existen diversos sistemas básicos, y se está investigando y avanzando en el campo para poder introducirlos en viviendas también. (Vargas, 2019) (CerrajeroPRO, 2018)

4.2.1.2. Partes de una Cerradura

El tipo de cerradura que se utilice no influye en las partes que la forman. Los elementos que forman estas, suelen ser iguales para todos los tipos de cerraduras. Las cerraduras están formadas por las siguientes partes: (CerrajerosMadrid, 2019)

4.2.1.2.1. Pomo

Es la parte por la que la persona acciona la puerta. Este puede ser un pomo, un tirador, una manilla o directamente no llevar. Normalmente en las puertas de las viviendas solo se ponen por la parte interior, dado que desde la parte exterior se accede utilizando una llave u otro mecanismo de desbloqueo de la misma.

4.2.1.2.2. Bombín

El bombín es la parte de la cerradura por la que se introduce la llave para poder desbloquearla. Lleva un mecanismo interno que mueve los pernos colocándolos en la posición exacta para poder desbloquearla. Normalmente el bombín suele sobresalir ligeramente de la puerta.

A pesar de haber mencionado que las cerraduras están compuestas por estas partes, esto no solo es aplicable a las cerraduras convencionales, sino que en las cerraduras de última generación lo que se busca es poder añadir electrónica cambiando únicamente el bombín, sin tener que hacer un gran cambio en la cerradura.

4.2.1.2.3. Frontal

El frontal es la parte que se deja ver cuando esta la puerta abierta, es la pieza que lleva los tornillos que unen el bombín a la puerta.

4.2.1.2.4. Resbalón

El resbalón es una de las piezas más importantes de la cerradura, esta se encuentra en su interior y tiene forma de cuña. La función que desempeña es mantener la puerta bloqueada una vez está cerrada, y al accionar la llave o el pomo esta gira para dejar abrir.

4.2.1.2.5. Paletón

El paletón lleva a cabo la misma función que el resbalón, pero funciona con la llave, es la pieza que nos permite abrir la puerta de nuestra vivienda desde fuera utilizando la llave.

4.2.1.2.6. Cerradero

Esta es la última de las piezas que forman una cerradura convencional. El cerradero es la pieza donde se insertan el resbalón y el paletón y está hecha de metal.

4.2.2. *Visión Artificial*

4.2.2.1. *¿Qué es la Visión Artificial?*

Primero de todo debemos saber qué es la visión artificial. Según la Asociación de Imágenes Automatizadas (AIA), *"la visión artificial incluye todas aquellas aplicaciones industriales y no industriales donde una combinación de hardware y software brindan una guía operativa a dispositivos en la ejecución de sus funciones en base a la captura y el procesamiento de imágenes. A pesar de que la visión industrial por computadora utiliza muchos de los mismos algoritmos y enfoques que las aplicaciones académicas-educativas y gubernamentales-militares, sus limitaciones son diferentes."* (Ambo, 2019)

En otras palabras, la visión artificial es uno de los campos que forman la inteligencia artificial que, mediante ciertas técnicas, permite la obtención y el procesamiento de cualquier tipo de información que proceda de imágenes digitales.

La visión artificial está compuesta por diversas técnicas y procesos, los cuales tiene como finalidad analizar las imágenes. Estos procesos se pueden resumir en: captación de imágenes, memorización de la información, procesamiento e interpretación de los resultados.

Actualmente, con lo desarrollada que está esta tecnología a día de hoy se suele utilizar para tareas de inspección que sean repetitivas, y que hasta la fecha las habían realizado personas. También pueden desarrollar otras tareas como realizar inspecciones de objetos sin necesidad de contacto, inspeccionar la producción en su totalidad, dada su velocidad de procesamiento. Reducir el tiempo de procesos automatizados y realizar otro tipo de inspecciones son otras de las miles de tareas que podrían realizarse utilizando la visión artificial.

En la actualidad, en la industria, que es donde hay una mayor expansión de estos sistemas de visión artificial, se utilizan principalmente para:

- Inspección de objetos, como se ha remarcado anteriormente.
- Guiado de robots dada su visión de relación espacial entre los diversos objetos que encuentren.
- Determinación de coordenadas de un objeto, que va muy ligado a la aplicación interior.
- Mediciones tanto angulares como tridimensionales.

Gracias a esta tecnología se puede dar paso a otras todavía más avanzadas como puede ser el reconocimiento facial.

Estado del Arte

Podemos distinguir dos tipos de sistemas de visión artificial, la industrial y la no industrial. La diferencia principal entre estos es que en los sistemas de visión artificial industrial se requiere cierto grado de robustez, fiabilidad y estabilidad, que en los sistemas de visión artificial no industriales no se requiere. Por otro lado, se encuentra el tema económico, los sistemas de visión artificial industriales son utilizados por empresas, cuerpos militares y gobiernos y siempre tienen un precio superior a los no industriales por las diferencias mencionadas anteriormente.

Los sistemas de visión artificial dependen de sensores digitales protegidos dentro de cámaras industriales. Estas cámaras poseen ópticas especiales para la adquisición de imágenes en alta definición para que el ordenador pueda procesar, analizar y medir diversas características de lo que capta dicha cámara. (ETI, 2018)

4.2.2.2. Métodos de captación de imágenes

Todo tipo de imágenes captadas se realizan mediante técnicas digitales, hay distintos tipos de captación. Originalmente se podían encontrar diversos tipos como los siguientes:

El píxel es el primero y más básico de ellos, donde se toma una imagen y se trata como si fuera una cuadrícula. Esta cuadrícula, está compuesta por cuadros, conocidos como píxeles, y la resolución habitual para este tipo de imágenes solía ser de 512x484 píxeles, actualmente se utilizan resoluciones mucho mayores.

Otro de los tipos de captación es utilizando escala de grises, es decir, utilizando la intensidad del brillo de cada trozo de la imagen capturada cuantificándola numéricamente como tonalidad de gris, o "nivel de gris". Por otro lado, existe también la imagen binaria, que se basa en el mismo concepto que la escala de grises, pero esta vez lo que se hace es establecer un valor umbral, donde cuando el brillo sea mayor al valor umbral se marcará como un 1, y si está por debajo se asignará el valor 0.

Otro tipo de captación es utilizar las escenas, es decir una zona de memoria donde se guardan los parámetros base, aquellos que no cambian, y que el sistema que lo analice omitirá para una mejor inspección de los objetos en particular. Como decimos, para este método se necesita un sistema capaz de analizar la imagen que no cambia, como si fuera un patrón base.

El último tipo de captación es utilizar el método de ventana, se basa en captar únicamente el área a inspeccionar.

Para realizar el proceso de captación se sigue una secuencia de diversos pasos:

Primero de todo se realiza la captación de la imagen visual del objeto que se tiene que inspeccionar, utilizando alguno de los tipos mencionados anteriormente. Una vez hecho esto se procede a tratar las imágenes mediante un conjunto de instrucciones previamente programadas en el elemento encargado de analizar la imagen. Finalmente, y tras haber terminado el análisis de la imagen, se realiza la aplicación, o actuación, sobre el aparato, o la pieza en función del resultado obtenido.

Cabe remarcar que actualmente, y tras todos los avances de este campo, se captan las imágenes en alta definición, como por ejemplo en el algoritmo ALPR, el algoritmo que se utiliza en cámaras de vigilancia, para hospitales, empresas privadas, centros educativos o en las ciudades. En España se utiliza este algoritmo en muchos sitios, pero el más conocido por todos es en los radares de tráfico que hay en las carreteras y ciudades. Este tipo de algoritmo reconoce automáticamente las matrículas que capta. (ETI, 2018)

4.2.2.3. Cámaras

Las cámaras son el elemento principal de los métodos de captación de imágenes, su función es capturar la imagen actual, y utilizando las ópticas transferirla a un sistema electrónico.

A nivel industrial, no cualquier cámara es apta para ser utilizada en sistemas de visión artificial, estas normalmente necesitan unos requisitos mínimos como puede ser el disparo de la cámara en el instante exacto en el que visualiza la pieza en una posición determinada y prefijada. Son algo más complejas que las cámaras convencionales dado que necesitan controlar a la perfección las variables como pueden ser el tiempo, algunas señales, sensibilidad, velocidad de obturación, etc.

Podemos clasificar las cámaras en función de la disposición física, o en función de la tecnología del elemento sensor. Dependiendo de la disposición física pueden ser cámaras lineales, que son aquellas basadas en un sensor CCD (dispositivo de carga acoplada) lineal, o cámaras matriciales, que se basan en un sensor CCD matricial, permitiendo así un mejor análisis de imágenes. Un poco más adelante se hablará más detenidamente de cada tipo de cámara.

En función de la tecnología del elemento sensor pueden ser cámaras de tubo, que son las que se basan en utilizar un material fotosensible que capta la imagen, siendo leída por un haz de electrones. Por otro lado, nos encontramos las cámaras de estado sólido CCD, que son las que se basan en materiales semiconductores fotosensibles para la cual no se necesita un barrido electrónico.

En lo que a aplicaciones industriales se refiere se utiliza siempre una cámara específica para la aplicación que se esté realizando, dado que puede ser necesario que tenga una alta definición, velocidad, sensibilidad, u otras muchas características. Por ello en función de la aplicación que se esté realizando se utilizarán unas cámaras u otras.

Las cámaras lineales, construyen una imagen realizando barridos en línea, sobre el objeto, siempre desplazándose longitudinalmente sobre el mismo. Normalmente este tipo de cámaras suelen tener una calidad altísima combinada con una longitud corta, para poder realizar imágenes de una gran calidad a base de muchos recorridos lineales sobre el objeto. Para ello requiere tener una gran precisión, por lo que el hecho de que el sistema esté correctamente alineado y sincronizado es vital, dado que si no fuese así la imagen obtenida no sería tan precisa como debiera o incluso se conseguiría una representación del objeto distinta a la real.

Este tipo de cámaras están muy expandidas en las industrias donde se utilizan, o fabrican, objetos de una longitud elevada o indeterminada. La característica principal de estas cámaras es la velocidad, también conocida como tasa de captura, es decir, los píxeles que se pueden leer por unidad de tiempo. Este tipo de cámaras son las que poseen un factor de velocidad mayor que las demás, en las de última generación se ha llegado a alcanzar velocidades de 200 Mhz.

Otro de los tipos de cámaras extendidos a nivel industrial son las cámaras matriciales, como se ha comentado anteriormente. Estas funcionan de forma distinta a las anteriores, en este caso tenemos un sensor cubriendo un área. Esta está formada por una matriz de píxeles, y a día de hoy tienen una alta precisión gracias a estar formadas por miles de diodos fotosensibles correctamente posicionados.

Este tipo de sensores se caracterizan por tener distintos tipos de transferencia de información. Nos encontramos con tres tipos de transferencia, la interlínea, la de cuadro y la de cuadro entero. La transferencia de interlínea es la más común y se basa en registrar el desplazamiento entre líneas de un píxel para almacenarlas y finalmente transferirlas a una gran imagen. La transferencia de cuadro almacena la luz a parte del área activa, con esto se pierde velocidad de obturación, pero a su vez tiene un mejor factor de relleno. Por último, la transferencia de cuadro entero, son los más simples y básicamente emplean un registro paralelo. Con este tipo se puede alcanzar el factor de relleno deseado, es decir un porcentaje del área de pixel sensible a la luz del 100%.

Finalmente nos encontramos con el último tipo de cámara, la cámara a color. Obviamente con este tipo de cámara obtenemos mucha más información que utilizando las demás cámaras que son monocromo, pero por otro lado la obtención de imágenes resulta mucho más compleja. Distinguimos dos tipos de cámaras a color en función del número de dispositivos de carga acoplada (CCD) que posean, las cámaras con 1CCD y las que tienen 3CCD.

Cámara 1CCD, incorpora un sensor con filtro Bayer, es decir un filtro RGB en forma de mosaico. Gracias a este filtro, ya sea en la cámara, en un ordenador, o en cualquier otra máquina que pueda analizar la imagen, se realizaran los cálculos necesarios para obtener una señal analógica o digital en RGB a tiempo real.

Por otro lado, nos encontramos con las cámaras 3CCD que incorporan tres sensores y un prisma central que hace que la luz se refleje en los tres. La luz procedente del objeto pasa por la óptica, rebota en el prisma y se divide en tres direcciones, una para cada sensor. Estos sensores funcionan como el RGB del anterior, nos encontramos con un sensor azul, uno rojo y uno verde que como ya se ha mencionado están situados

Estado del Arte

en puntos precisos para que, al rebotar y dividirse la luz en el prisma, impacte en los tres formando un filtro de color. Internamente la cámara combina los colores y genera una señal RGB prácticamente idéntica a la que ve el ojo humano.

Obviamente cada uno de los tipos anteriores tiene ventajas y desventajas, las cámaras 3CCD tienen una calidad de imagen muy superior, pero tienen dos grandes desventajas, se necesita una buena iluminación para compensar el efecto de refracción de la luz producido por el prisma y el efecto de aberración cromática que se crea por la propia estructura del sistema. Todas estas desventajas se pueden resolver utilizando una óptica adecuada y de calidad e iluminando adecuadamente la zona donde la cámara tenga que trabajar.

Dejando a un lado las cámaras existen otros tipos de sistemas de captura para visión artificial que se distinguen ligeramente de estas por ejemplo utilizar un sensor de visión en lugar de una cámara con un sensor fotoeléctrico, aunque tiene unas mayores limitaciones y se suele utilizar únicamente en ciertas aplicaciones como puede ser en pasa-nopasa. (ETI, 2018)

4.2.2.4. *Iluminación*

La iluminación es una de las partes más importantes dentro de un sistema de visión artificial en la rama industrial y no industrial. Las cámaras realmente lo que hacen es capturar la luz reflejada en los objetos, es por esto que regular la iluminación a unos niveles adecuados es sumamente importante en estos sistemas. Podemos ajustar manualmente la luz, o realizar un sistema que pueda hacerlo de forma automática, dado el hecho que no es lo mismo iluminar piezas en una fábrica de piezas de acero o en una fábrica de piezas cerámicas.

Hay determinadas cosas a tener en cuenta para la iluminación, y la primera es haber escogido la cámara, porque las características de la misma influirán enormemente en la iluminación. Dependerá de si la cámara es a color o monocromo, o de alta o baja velocidad, u otras muchas variables que tendremos que modificar la iluminación de la zona. El hecho es que, para modificar la iluminación, debemos tener en cuenta ciertas características lumínicas también, como la intensidad de luz necesaria, la superficie que se tiene que iluminar, el tipo de objeto, el color del objeto, el espacio del que se dispone para realizar el montaje de la iluminación, etc.

Se puede iluminar mediante distintos métodos, como puede ser fibra óptica, fluorescentes, led, láser, etc.

Iluminación con fibra óptica, proporciona una alta intensidad lumínica de forma constante, sin sombras. Se suele utilizar para objetos de tamaño reducido pudiendo acoplarse a la cámara directamente. Normalmente se utilizan anillos de luz, además a estos se les pueden acoplar filtro de colores, difusores para eliminar reflejos, etc.

Iluminación con fluorescentes, proporciona una luz brillante, también sin sombras. Están diseñadas para trabajar sin problemas durante un mínimo de 7000 horas, lo que les proporciona una mayor productividad. Hay lámparas blancas en distintas temperaturas de color, lámparas ultravioletas, y se suele utilizar en mucha luz y ningún tipo de sombra.

Iluminación con diodos led, proporcionando una luz difusa muy útil para la aplicación en ciertos objetos.

Iluminación con láser, se utilizan en aplicaciones para medidas de profundidad y para superficies irregulares. Variando las ópticas se puede convertir en un puntero, o en diversas formas. (ETI, 2018)

4.2.2.5. *Software*

El software de visión artificial es sumamente diverso, dado que a día de hoy la mayoría de sistemas, maquinas u ordenadores, poseen potencia suficiente como para realizar los cálculos y el análisis a tiempo real. Este software, como se ha mencionado, se basa en realizar los cálculos y el análisis pertinente para interpretar las imágenes, o incluso los píxeles de las mismas. El resultado variará en función del sistema de visión al que se le imponga, dado que puede utilizarse tanto para medir la variación que nos encontramos en una partícula, inspección de elementos o lectura de una serie de caracteres (OCR. - Reconocimiento Óptico de Caracteres).

Todos los softwares que podemos utilizar para la visión artificial, se basan en el seguimiento de los mismos pasos. Inicialmente capturamos las imágenes haciendo uso de las cámaras, comentadas anteriormente. Posteriormente, analizamos la imagen y determinamos la zona o región que nos interesa analizar. Hecho esto determinamos los caracteres o características a comprobar, para determinar si la pieza es válida o no. Remarcar que estamos hablando de piezas, pero realmente podría ser cualquier otra cosa que se pueda analizar o inspeccionar con la visión artificial. Tras haber marcado las características, ejecutaremos el software y comprobaremos que los resultados obtenidos son los óptimos, y en caso de no serlo, volveremos a reconfigurar todo el sistema, ya sea cambiando las características o límites o la zona que abarca la imagen.

Lo único a tener en cuenta con los sistemas de visión artificial es el hecho de que todos los componentes deben ir correctamente conectados y coordinados a otras máquinas, para poder ejecutar procesos de forma rápida y eficaz.

Existen sistemas integrados que incorporan todo el software y el hardware que se necesita para realizar un sistema. Normalmente, estos sistemas vienen formados por pequeños dispositivos preparados para introducirse en casi cualquier aplicación, con el mínimo de programación necesaria. De nuevo remarcar que ante una gran instalación industrial no se utiliza este tipo de sistemas, sino que se crea uno a medida para la misma.

Nos encontramos con dos tipos distintos de sistemas integrados, estos pueden ser cámaras inteligentes, es decir la misma cámara se programa mediante un ordenador y aloja en su interior todo lo necesario, como procesador, memoria y los puertos de entrada y salida necesarios, o el sistema conocido como sistema de visión multicámara, este es un sistema que permite ser conectado a cualquier cámara existente, normalmente hasta un máximo de 4 a la vez. (ETI, 2018)

4.2.2.6. Tipos de sistemas de visión artificial

Existen tres grandes tipos de sistemas de visión artificial:

4.2.2.6.1. Sistemas de visión 1D

Los sistemas de visión 1D, de una dimensión, son aquellos que analizan una señal digital en una sola línea a la vez, en lugar de capturar toda una imagen completa. Esta técnica comúnmente detecta y clasifica defectos en materiales en un proceso continuo, como podría ser papel, metal, plástico y otros.

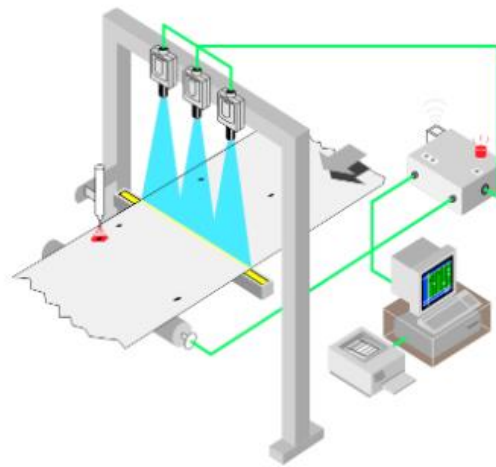


Ilustración 11: Sistema de visión artificial de 1D

4.2.2.6.2. Sistemas de visión 2D

Los sistemas de visión 2D, de dos dimensiones, se podrían subdividir en dos tipos de sistemas, los que toman una sola imagen, que puede estar en diferentes resoluciones, o aquellos que escanean línea a línea y construyen una imagen a partir de las líneas escaneadas.

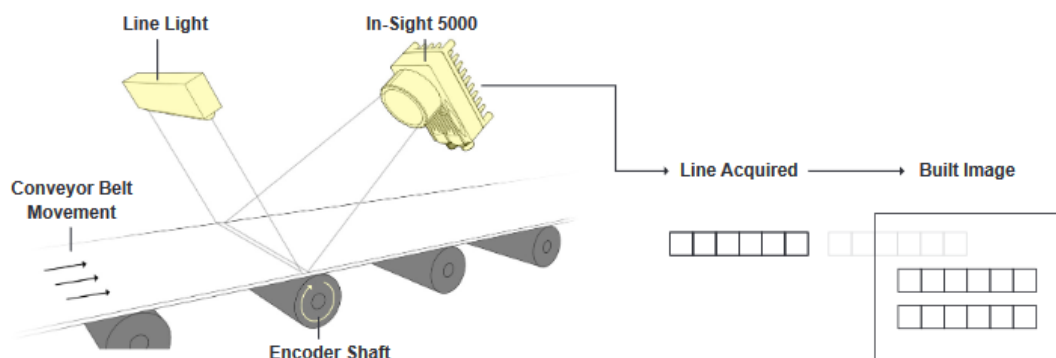


Ilustración 12: Sistema de visión artificial de 2D

Estado del Arte

Obviamente el uso de uno u otro sistema de visión artificial 2D dependerá de la aplicación, dado que en algunas vendrá mejor el uso del escaneo línea a línea y en otras que se tome toda la imagen.

4.2.2.6.3. *Sistemas de visión 3D*

Los sistemas de visión 3D, tres dimensiones, normalmente están compuestos por múltiples cámaras o uno o múltiples sensores de desplazamientos por láser. Normalmente este sistema multicámara de visión 3D se utiliza en aplicaciones de guiado de robots o para obtención de información en estos. Lo que se intenta con las múltiples cámaras es colocarlas en diferentes posiciones y triangular un objetivo en una posición tridimensional predefinida.

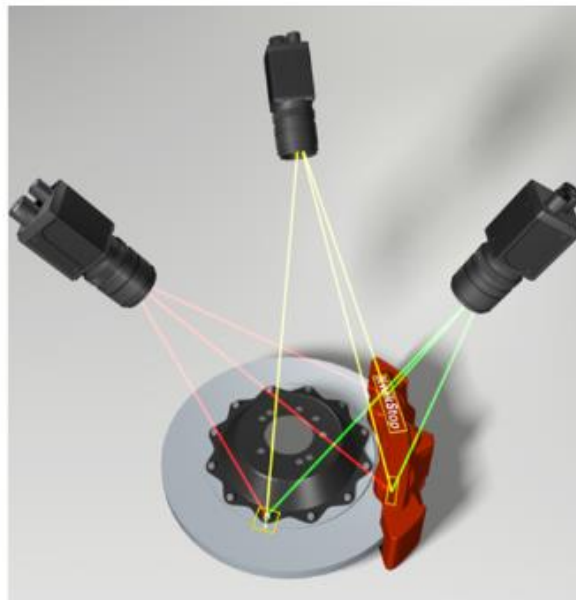


Ilustración 13: Sistema de visión artificial de 3D

Por otro lado, el uso de sensores de desplazamiento láser 3D normalmente se utilizan para inspeccionar superficies y/o medir volúmenes, produciendo un resultado 3D de mayor calidad que utilizando únicamente una cámara. En este caso el objeto que se esté escaneando debe desplazarse, o en su defecto, desplazar los sensores para poder medir toda la superficie. Actualmente el escaneado con sensores de desplazamiento láser de última generación tiene una precisión de hasta 20 μm . (ETI, 2018)

4.2.3. Reconocimiento Facial

El reconocimiento facial es una forma de autenticación biométrica que utiliza medidas y características corporales para verificar una identidad. Este se basa en la medida y estructura de un subconjunto de características biológicas de tu rostro, y principalmente utiliza los mismos principios que otros sistemas de reconocimiento, como pueden ser las huellas dactilares o la voz.

El reconocimiento facial es una de los usos más importantes, y en el que se basa este trabajo de fin de grado, de la visión artificial. Se trata de utilizar un sistema de visión artificial para identificar ciertas características de los rostros humanos, que al combinarlas, nos darán una coincidencia porcentual en función de nuestra base de datos. Todo el mundo, actualmente, conoce algo de reconocimiento facial, porque encontramos este sistema en los teléfonos móviles, pero cada vez se está utilizando más a nivel industrial, e incluso organismos encargados de la aplicación de la ley, como la INTERPOL, los utilizan para identificación de personas. En este último caso, la INTERPOL tiene un sistema propio de reconocimiento facial, y una base de datos donde se almacenan rostros a nivel mundial, más de 160 países. Este tipo de sistemas tan potentes combinados con su gran base de datos les permiten encontrar personas o comprobar identidades de forma instantánea.

Hay otros sistemas más fiables como puede ser el ADN o las huellas dactilares, dado que ambos son inalterables durante la vida, por eso el reconocimiento facial es tan complejo. Para tener un buen sistema de reconocimiento facial se necesita tener en cuenta distintos factores como puede ser el envejecimiento de la persona, el uso de cirugía o cosmética, los efectos del consumo de drogas o incluso las distintas muecas o poses que puede poner una persona con su rostro. Por eso, y como se ha mencionado anteriormente, no te dan una identificación de es una persona X o no lo es, sino que te da un resultado de coincidencia en tanto por cien.

También, y como en los sistemas de visión artificial, disponer de una cámara apropiada, que nos proporcione imágenes de calidad es fundamental.

Podríamos resumir el funcionamiento de estos sistemas en algo que suena sumamente sencillo, dado que básicamente lo que hace el sistema es tomar una imagen bidimensional o tridimensional de un rostro y compararlo con una base de datos de imágenes.

La creación del primer software de reconocimiento facial proviene de 1960, y aun a día de hoy sigue teniendo el mismo problema, que es el uso de cámaras que no son

Estado del Arte

capaces de capturar la profundidad. Esto puede no ser debido a la cámara que se esté utilizando, quizás la cámara es apta, pero lo que no lo es puede ser la base de datos, dado que, si la cámara captura profundidades, y las imágenes de la base de datos son en 2D, no podrá comparar, o dará un resultado distinto al esperado.

El reconocimiento facial utiliza, como hemos comentado, puntos de referencia, rasgos característicos y estructura de los rostros. Normalmente se toman como puntos de referencia, la nariz, la boca y los ojos. Con estos puntos lo que se hace es medir distancias entre ellos, y convertir estos resultados a un código numérico que se almacena. Este código es conocido como huella facial. Este reconocimiento, utilizado en un sistema básico puede fallar por cosas como el ángulo o la iluminación, pudiéndose solventar el del ángulo añadiendo una tercera dimensión a la cámara.

Al añadir dicha tercera dimensión se resuelven ciertos problemas previos, ya comentados, el ángulo en el que se posicione el rostro no influye prácticamente en nada, dado que el sistema, preparado para soportar la tercera dimensión estará capacitado para detectar el rostro en casi cualquier ángulo. En este caso la luz tampoco influye excesivamente, al utilizar las tres dimensiones, porque el sistema también utiliza las profundidades de la cara, los ojos y la nariz, los contornos y la curva del rostro.

La mayoría de estas cámaras tridimensionales miden utilizando espectros invisibles de luz sobre los rostros, cosa que las bidimensionales no hacen, pero a grandes rasgos terminan en lo mismo, convirtiendo los rasgos, las características y las distancias a un código numérico y almacenándolo y comparándolo. En el caso de que como se cambiara la cámara bidimensional por una tridimensional, una vez tomadas las imágenes el sistema debería convertir el código numérico, la huella facial, de una tridimensional a una bidimensional para poderla comparar con una base de datos formada por imágenes bidimensionales. La otra opción en caso de usar dichas cámaras, sería cambiar toda la base de datos por huellas faciales tridimensionales.

4.2.3.1. *¿Dónde se utiliza?*

Los usos principales que se le dan al reconocimiento facial suelen ser en empresas para autenticar el acceso de los empleados, por otro lado, múltiples gobiernos, como el de China, lo utilizan para realizar vigilancia a gran escala.

En este caso el gobierno chino posee y hace uso de uno de los sistemas de vigilancia masiva más avanzado hasta la fecha, que incluye reconocimiento facial. Este se encuentra presente en los cientos de millones de cámaras que tienen repartidas por el país y en otros dispositivos como pueden ser las unas gafas inteligentes que, los agentes de policía chinos, son obligados a llevar. Con todo este sistema lo que consiguen es un mejor rendimiento en la captura de delincuentes de todo tipo. Además, también tiene otro uso y es el de conseguir que la población china siga las normas debidamente, por ejemplo, en el caso de que un ciudadano decida cruzar la calle en rojo, el sistema toma una imagen de esa persona y la muestra por las múltiples pantallas de las ciudades para recalcar que esa persona ha cometido una infracción y que le pese lo que ha hecho. Puede retirarse su imagen de las pantallas de una forma tan simple como es ir a una comisaría de policía y pagar la multa, que suele tener un precio menor a 5 euros. Con esto no quieren arruinar a nadie, sino dejar claro lo que no deben hacer. El sistema, además de mostrar las fotos por pantalla, también posee un sistema de puntuación de ciudadanos. Este sistema funciona de la siguiente forma, cada ciudadano comienza con una puntuación base, esta irá aumentando o disminuyendo en función de su comportamiento en público. Esta puntuación se utiliza posteriormente para determinar qué clase de ciudadano es cada persona, y en caso de que se tenga una puntuación muy baja, la persona empezará a tener desventajas. En caso de que se tenga una puntuación baja, los bancos no le permitirán conseguir un préstamo, se le denegará a esta persona la posibilidad de adquirir una vivienda, o viajar en avión. Quizás parecen cosas poco relevantes, dado que no es algo que se haga todos los días, pero una baja puntuación también repercute en el uso de internet de los ciudadanos hasta llegar el punto de prohibírselo. (Dudley, 2020) (Amigao, 2019) (Shead, 2019)

Por otro lado, tal y como ha sido mencionado múltiples empresas utilizan el reconocimiento facial con diversos objetivos. Muchas de dichas empresas lo utilizan por ejemplo como sistema de seguridad para permitir el acceso a ciertas zonas de la empresa o incluso a las instalaciones, aunque esta segunda suele ser más común utilizar el algoritmo de detección ALPR, para la lectura de las matrículas. Por otro lado, no todas las empresas los utilizan con estos fines, por ejemplo, la cadena de supermercados estadounidense Walmart, patentó un sistema de reconocimiento facial que utiliza en sus clientes. Este sistema lo que hace guardar a los clientes, con qué frecuencia vienen y

Estado del Arte

principalmente determinar el estado de ánimo de los mismos. Su objetivo con este sistema es el de mejorar el servicio al cliente tanto a corto como a largo plazo. Para ello miden el estado de ánimo de los clientes habituales para mantenerlos, dado que es más sencillo mantenerlos que conseguir otros.

A parte de existir empresas o gobiernos con sistemas de reconocimiento facial, también hay empresas que se dedican a la creación y venta de dichos sistemas. Entre las más grandes del mercado se encuentra Amazon, que tiene a la venta el Amazon Rekognition, un servicio de reconocimiento facial principalmente pensado para empresas generalmente. (AWS, Amazon, 2019)

Este sistema es capaz de identificar miles de objetos y escenas tanto en imágenes como en videos como en directo. Para ello está dividido en dos servicios diferentes:

- Amazon Rekognition Video es un servicio de análisis de vídeos capaz de aprender del entorno y las actividades más habituales que capta, comprender el movimiento de las personas y reconocer desde personas a objetos almacenando todos los datos en Amazon S3, la nube de Amazon. Los resultados del sistema incluyen marcas temporales con lo que se puede llevar una correcta organización por fecha u hora y así simplificar la búsqueda posterior de vídeos con un alto nivel de detalle. Además, Amazon Rekognition Video también delimita los rostros con un marco y es capaz de almacenar la ubicación exacta de la persona o del marco.

Se debe remarcar el hecho de que para que este o cualquiera de los sistemas posteriormente mencionados de Amazon, se necesita una base de datos de rostros lo suficientemente completa con la que el sistema pueda comparar.

Otras características que posee el sistema es un reconocimiento de famosos, incluyendo el almacenaje con un identificador único y nombre completo. Otra característica del sistema es la detección de videos inapropiados, en el caso de que alguna cámara detecte contenido explícito quedará etiquetado para su posterior filtrado. (AWS, Amazon, 2019)

- Amazon Rekognition Image es un servicio de reconocimiento de imágenes capaz de aprender del entorno y las actividades más habituales, puede detectar objetos, escenas y rostros. Este sistema también es capaz de reconocer y extraer texto, reconocer a personas famosas e identificare contenido inapropiado y explícito al igual que el sistema de reconocimiento de video. Este sistema de Amazon está basado en la misma tecnología de

autoaprendizaje demostrado del sistema que se utiliza para Prime Photos, un sistema que analiza miles de millones de imágenes al día. (AWS, Amazon, 2019)

Sus clientes más conocidos lo utilizan para la realización de análisis faciales de alta precisión y verificación de usuarios, así como para contabilizar el número de personas en una gran superficie como un estadio o para temas relacionados con la seguridad. Algunos de sus clientes más conocidos actualmente son la NFL (Liga Nacional De Fútbol, de EEUU), National Geographic, CBS (Cadena de televisión estadounidense). Pero no todos los clientes son estadounidenses, este sistema tiene clientes a nivel mundial en múltiples continentes, como por ejemplo KYODO NEWS, una agencia de noticiario japonesa, o Daniel Wellington, una empresa de relojería y joyería de renombre mundial creada en Suecia. (AWS, Amazon, 2019)

4.2.4. *Detección Facial*

Ya se ha comentado qué es el reconocimiento facial, pero lo que no ha sido mencionado es en qué se basa, dejando a un lado el hecho de que se basa en complejos algoritmos. Para poder desarrollar un sistema de reconocimiento facial se debe empezar por la base de este, la detección facial, o detección de rostros. Se podría partir de más abajo incluso, comenzando por la detección de objetos, pero no es tan necesario y esta tan desarrollado actualmente, que se puede partir de la detección de rostros. Existen cuatro formas de desarrollar un sistema de detección facial:

- "*Knowledge Based*", Basado en el Conocimiento: En esta forma el sistema está basado en conocimiento humano. Lo que se hace es establecer un conjunto de normas de qué define un rostro para las personas, por ejemplo:

Para nosotros un rostro debe tener una nariz, dos ojos, una boca, tener estos de una forma ordenada, siempre igual y a distintas, y apropiadas, distancias es cada rostro.

El problema de utilizar este método es que tiene una alta tasa de fallos, como es comprensible, dado el hecho de que eso es un rostro normativo, que luego no tiene por qué ser así. Es por esto que el sistema nos da muchos falsos positivos, porque las normas o reglas que lo regulan son demasiado genéricas, dificultando enormemente el correcto funcionamiento de este.

- "*Feature-Based*", Basado en las Características: Este método se basa en localizar y detectar caras utilizando comparativa con estructuras faciales previamente guardadas. Primero de todo se debe entrenar al sistema para que sea capaz de detectar rostros y los trozos que lo forman y los que no. La idea es sobrepasar la barrera de las reglas sobre rostros del método anterior, y con este método se ha conseguido detectar rostros a tiempo real o en fotografías con múltiples caras con una tasa de éxito de hasta el 94%.

- "*Template Matching*", Relación con Plantillas: Este método lo que hace es utilizar una base de datos de rostros como plantilla para localizar y detectar rostros utilizando la correlación entre sus plantillas y lo que está captando la cámara, o el sistema que se esté utilizando. Este sistema se utiliza en según qué ocasiones puntuales dado que se necesita de una gran base de datos de rostros, para que tenga un gran porcentaje de éxito.

- "*Appearance-Based*", Basado en la Apariencia: Este es el sistema más complejo de los mencionados y se basa en configurar y entrenar a un sistema para detectar todo tipo de rostros. En principio, este es el mejor y más difícil método de los mencionados

aquí y esto es debido a que se basa en análisis estadístico y "*machine learning*", o aprendizaje automático, para encontrar ciertas características que revelan que efectivamente lo que está detectando es un rostro. Este es, normalmente, el método en el que se basa para posteriormente realizar el reconocimiento facial. Este método se puede dividir en los siguientes submétodos de reconocimiento facial:

- "*Eigenface-Based*", Basado en Rostros Propios: El método de rostros propios es básicamente, utilizar el algoritmo de rostros propios, nombre que se le ha dado a un conjunto de vectores propios utilizado en visión artificial y reconocimiento facial.
- "*Distribution-Based*", Basado en la Distribución: El análisis de componentes principales y el análisis discriminante lineal de Fisher, son algunos de los algoritmos que pueden ser usados para definir patrones faciales. Existe un clasificador ya entrenado que identifica correctamente los patrones faciales extraídos de imágenes.
- "*Neural-Networks*", Redes Neuronales: Muchos de los problemas de detección de objetos, rostros, emociones e incluso reconocimiento facial, han sido reparados por algoritmos de redes neuronales, capaces de reconocer patrones.
- "*Support Vector Machine*", Máquinas de Vectores de Soporte: Las máquinas de vectores de soporte son clasificadores lineales que maximizan el margen entre el hiperplano de decisión y los ejemplos del entrenamiento.
- "*Sparse Network of Winnows*", Escasez de Redes: Se define una red escasa como dos unidades lineales o nodos objetivos; uno representa el patrón facial y el otro el patrón no facial. Se utiliza porque es un sistema más rápido y más eficiente.
- "*Naive Bayes Classifiers*", Clasificador Bayesiano ingenuo: Este sistema está centrado en utilizar un clasificador que lo que hace es determinar la probabilidad de que un rostro esté presente en una imagen, contando la frecuencia con la que ocurre sobre una serie de imágenes de entrenamiento. El sistema también realiza un análisis sobre cuántas veces y en qué posiciones aparecen los rostros en las imágenes.
- "*Hidden Markov Model*", Modelo Oculto de Markov: Este es un modelo estadístico en el que se asume que el sistema a modelar es un proceso de Markov con parámetros desconocido. Normalmente este se combina con

Estado del Arte

otros métodos para construir un algoritmo de detección, en este caso, de rostros.

- “*Information Theoretical Approach*”, Planteamiento Teórico de la Información: En este caso se utiliza un campo aleatorio de Markov para relacionar patrones faciales. El proceso de Markov utiliza la discriminación entre clases utilizando la divergencia de Kullback-Leibler. Por tanto, este método también puede utilizarse en detección de rostros.
- “*Inductive Learning*”, Aprendizaje Inductivo: El aprendizaje inductivo ha sido utilizado en múltiples algoritmos de detección facial. En algoritmos como el Quinlan C4.5 o el FIND-S de Mitchell se ha utilizado el aprendizaje inductivo para este propósito. (Dwivedi, Towards Data Science, 2018)

4.2.5. Memoria SD

Actualmente las memorias SD han ido desapareciendo del plano dado que las memorias flash USB han ido ganando terreno. Aun así, no han desaparecido del todo por el hecho de que no todos los dispositivos disponen de una ranura para memoria flash USB. En el ámbito de la telefonía móvil, las tabletas y otros pequeños dispositivos electrónicos generalmente disponen de una ranura para memoria SD.

A diferencia de los discos duros y/o discos ópticos, o cualquier otro disco convencional, donde la información se almacena de forma física, es decir, se almacenan sobre la superficie de los discos de almacenamiento, en las memorias SD el almacenamiento de datos se realiza de manera lógica. Un sistema electrónico es el encargado de realizar el almacenaje de la información y al no ser volátiles son un dispositivo de almacenamiento de alto rendimiento.

Los archivos, o la información, se almacenan en forma binaria, con unos y ceros, pero utilizando pequeños paquetes de energía para ello. Internamente las tarjetas SD contienen pequeños transistores que realizan el procedimiento mediante la carga de energía. Normalmente una memoria SD contiene miles de transistores que mediante su carga y descarga permiten el almacenaje de información. Estos se pueden cargar y descargar como quiera el usuario que lo esté utilizando para leer, escribir o guardar y eliminar datos de la memoria SD.

Hay que tener en cuenta la otra cara de la moneda, al utilizar un sistema de transistores físico, estos sufren desgaste con el tiempo y terminan por morir. Estos suelen tener una vida útil de unos 100000 ciclos, lo que hace que sea más sencillo su pérdida antes que su desgaste. (Writer, 2016)

5. DESARROLLO

Para comenzar con el desarrollo del proyecto, tiene que quedar completamente claro cuál será el funcionamiento del mismo y de qué estará compuesto. Este proyecto estará compuesto por un módulo ESP32-Wrover, un sensor de movimiento PIR, un motor que se utilizará como medio de apertura de la puerta, será el encargado de hacer girar la cerradura, y una batería.

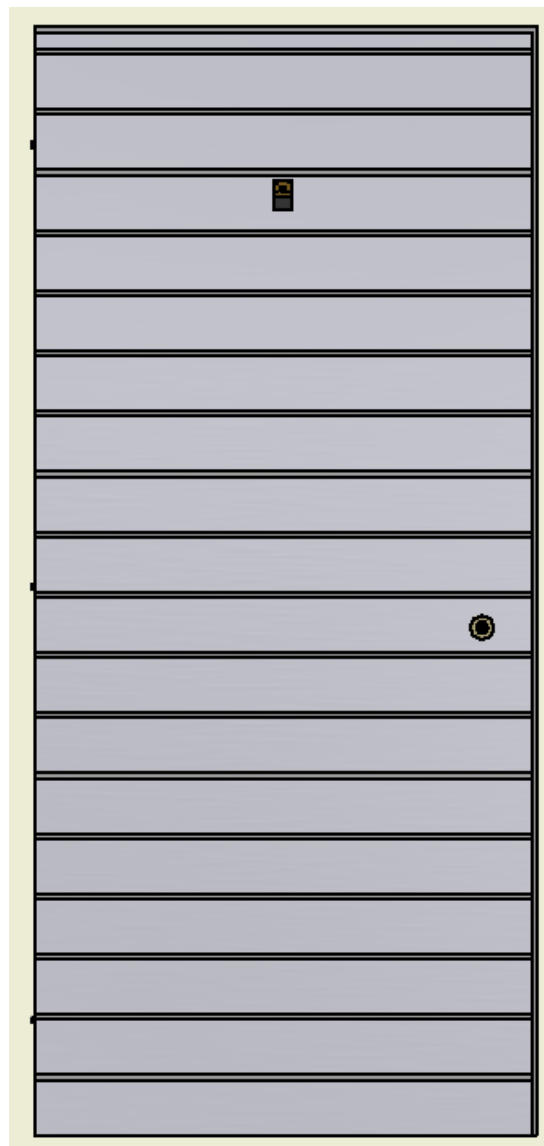


Ilustración 14: Diseño 3D aproximado del Sistema cara exterior (Elaboración Propia)



Ilustración 15: Diseño 3d aproximado del Sistema cara interior (Elaboración Propia)

En las ilustraciones anteriores aparece una aproximación a como se vería el sistema real montado sobre una casa. Cabe remarcar de nuevo que es una aproximación, únicamente para que se aprecien las proporciones y los elementos. En la primera ilustración, en la parte superior central se encuentran dos elementos, la cámara y el sensor de movimiento PIR. Ambos están situados a una altura de 1700 mm del suelo, altura a la cual podría detectar a la gran mayoría de las personas sin problema. Por otro lado, en la segunda imagen aparece la representación de la cara interna de la puerta, la que da a la casa, donde se puede apreciar en la parte central superior, en verde, la PCB con su tamaño real, en proporción a una puerta. En la misma imagen se aprecia el sistema de apertura montado sobre la cerradura en el picaporte. Habiendo dejado esto claro, se procede a explicar el funcionamiento del sistema:

Una única placa PCB controlará todo el proyecto en sí, en esta se encuentra el módulo ESP32-Wrover el cual actuará como microprocesador del proyecto, y este será el encargado de, mediante la cámara, tomar las imágenes y realizar el reconocimiento facial. Una vez hecho esto dará acceso a la vivienda mediante la activación del motor.

Desarrollo

Mediante programación de la placa, se establece un número máximo de intentos de acceso utilizando el reconocimiento facial. En el caso en el que el reconocimiento facial supere el límite de intentos preestablecido, y no reconozca al sujeto, el mismo ESP32-Wrover entrará en un modo de seguridad, tomará una imagen del sujeto y la subirá a un servidor FTP. Una vez realizada la apertura, o habiendo subido la foto a un servidor FTP y pasado el tiempo en modo Bluetooth, el sistema entrará en Deep Sleep, un sistema de hibernación profunda en el que todos los componentes del ESP32 serán desconectados, a excepción del reloj a tiempo real (RTC), y el procesador de ultra baja potencia (ULP coprocessor). Con esto lo que se conseguirá es un sistema que reduzca su consumo de 80 mA a 10 μ A.

Para que el sistema se vuelva a despertar (realice el Wake-Up), se utilizará el sensor de movimiento PIR, un sensor de infrarrojo pasivo, el cual al detectar a alguien reactivará el sistema.

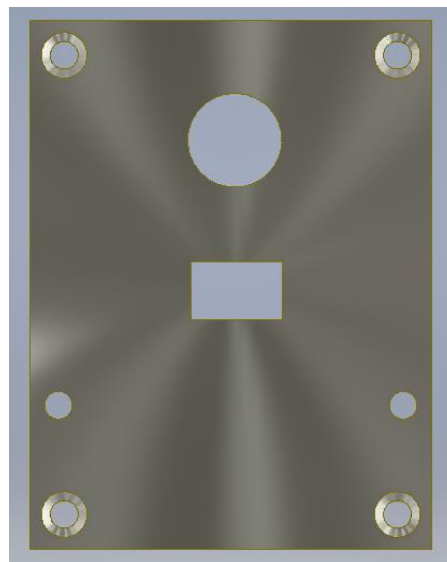
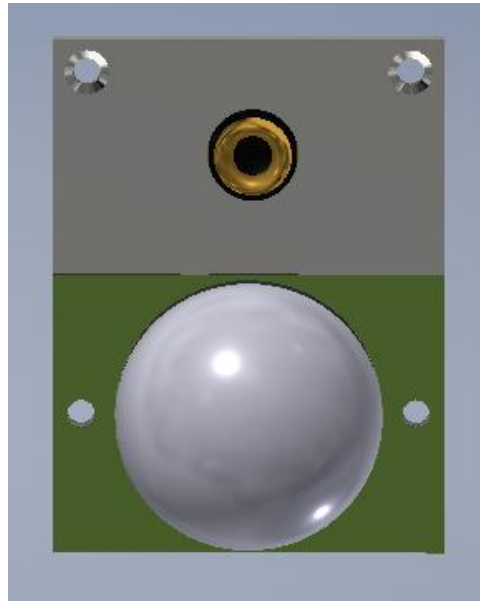


Ilustración 16: Pletina soporte de Cámara y Sensor PIR (Elaboración Propia)



**Ilustración 17: Aproximación visual pletina con Cámara y sensor PIR
(Elaboración Propia)**

En las dos imágenes anteriores representan el montaje de la cámara y del sensor de movimiento PIR. Ambas piezas, representadas en la segunda ilustración como un círculo dorado y negro y un cuadrado verde, irán montadas sobre una pletina de 3 mm que será la que irá atornillada en la puerta. En la primera imagen se pueden observar los agujeros, 5 para cada elemento, utilizando en ambos, el agujero central para poder pasar los cables de conexión hasta la PCB.

Cabe añadir que cuando el sistema se encuentra en modo reconocimiento facial, tendrá activo el Bluetooth del mismo, para que si fuese necesario se realizase la apertura de la puerta utilizando un método alternativo al principal, mediante una aplicación móvil.

Este proyecto es completamente electrónico y tiene que contar con una alimentación constante a la red y una conexión WIFI estable para poder funcionar, por eso mismo se ha establecido que tiene que ir conectado a la red eléctrica de la casa y a su vez tener una batería auxiliar para el caso de que se vaya la luz se siga pudiendo entrar a la vivienda. Remarcar, que en el caso de que la luz se fuese, se podría acceder igualmente tanto con el reconocimiento facial, como con el bluetooth, dado el hecho de que no necesita de conexión a internet para ello. Las variables almacenadas de cada uno de los rostros guardados se encuentran en una tarjeta micro SD insertada en módulo lector de tarjeta micro SD que se le incorpora a la PCB.

Como primer paso se comenzará por realizar el diseño electrónico y posteriormente el mecánico.

5.1. DISEÑO ELECTRÓNICO

Para llevar a cabo el diseño electrónico se subdividió en apartados. Aun teniendo en cuenta que la parte de software que contiene el sistema, podría incluirse en este apartado, se ha decidido dejarlo como apartado propio explicado más adelante. El concepto del diseño inicial se basó en un módulo ESP32-CAM del fabricante Ai-Thinker, el mismo que se utilizó en el proyecto del apartado 4.1.2 Reconocimiento Facial Utilizando un ESP32-CAM, pero en el diseño de la PCB se utilizará un módulo ESP32-Wrover como microprocesador.

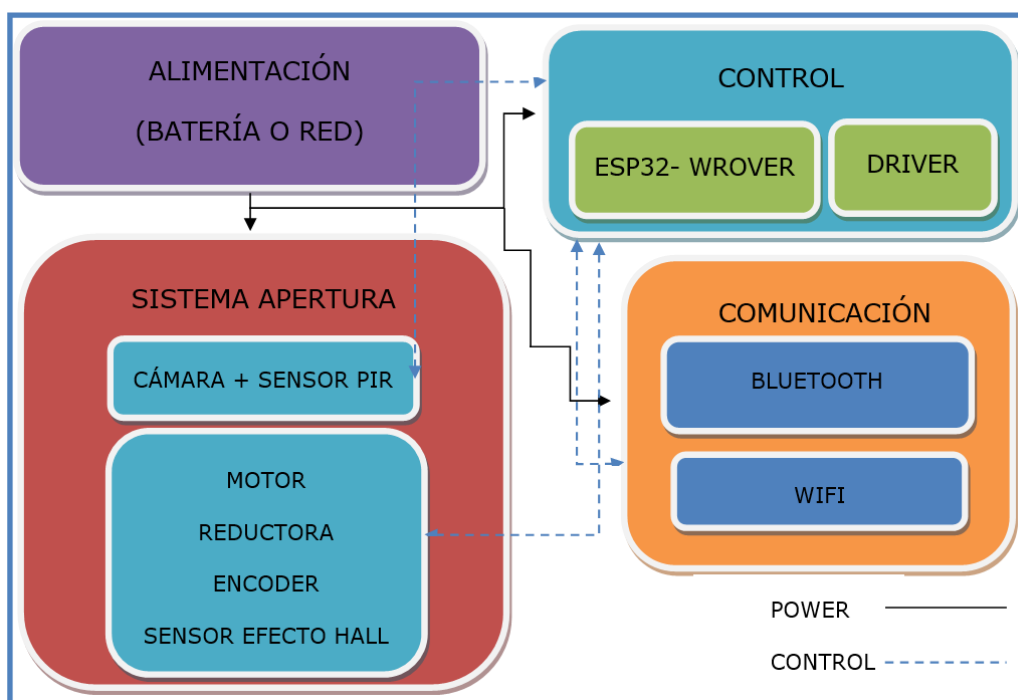


Ilustración 18: Esquema de Alto Nivel del diseño electrónico (Elaboración Propia)

5.1.1.1. Alimentación

Primero de todo se realizó el diseño de la alimentación del mismo, teniendo en cuenta los factores siguientes:

- La alimentación debe ir conectado a la PCB que se procede a diseñar. En esta PCB se encuentra un módulo ESP32-Wrover, un sensor de movimiento PIR y un motor. Por tanto, se contemplarán los consumos de todos y cada uno de los componentes.
- Además, se debe tener en cuenta los distintos casos que podrían suceder, como el caso en el que el sistema sufra un apagón y se quede sin conexión a la red eléctrica. Para este caso se ha de disponer de un sistema auxiliar de alimentación, dado que, la persona que lo utilice tiene que poder seguir entrando en la vivienda.

Para comenzar con el primero de los factores anteriormente mencionados, se debe observar en la información que nos proporciona el fabricante del ESP32-Wrover (Anexo 4. Datasheets), el voltaje al que la placa puede funcionar. Este proceso también debe ser repetido para el sensor de movimiento PIR (Anexo 4. Datasheets), y para el motor que realizará la apertura de la puerta (Anexo 4. Datasheets).

Viendo la información de los fabricantes se sabe que el sensor de movimiento PIR que se utilizará, necesita una tensión de entre 5 y 20 V. Por otro lado, el ESP32 funciona a 3.3V, y el motor junto con el sensor de efecto Hall funciona a 12 V y 5 V, respectivamente. Teniendo esto en cuenta, se tiene presente que se necesitan tensiones de 3.3V, 5V y 12V.

Para que el sistema pueda funcionar estará conectado a la red, con lo que la fuente de alimentación convertirá los 230 V de corriente alterna proporcionados a la salida de cualquier toma en España, a 3.7 V de corriente continua a la entrada de la batería que incorporará el sistema. Desde esta batería se obtendrán todas las tensiones necesarias, 3.3V, 5V y 12V. También habrá que añadir ciertas medidas de protección para proteger el circuito del proyecto. Este diseño ha sido desarrollado pasando por batería primero para el caso en el que el sistema sufra un apagón.

Tal y como se ha comentado, se cumplen ambos factores utilizando un SAI, un sistema de alimentación ininterrumpida, para que cuando haya un apagón se pueda mantener el sistema en funcionamiento varios días, es decir, añadiendo la batería a mitad del circuito para qué, en el caso de no disponer de la red eléctrica siga el sistema en funcionamiento. Para ello se ha tenido en cuenta el consumo de cada uno de los componentes y se han realizado los cálculos para que el sistema pueda subsistir un

Desarrollo

tiempo aproximado mínimo de 5 días. (Núñez, 2016) (Dwivedi, DNS System, 2011) (Qloudea, 2018)

5.1.1.2. Batería

Se comenzó realizando los cálculos de la batería, para saber cuál era necesaria. Primero de todo se tuvo en cuenta el tiempo que el sistema está en funcionamiento en caso de que haya un fallo de alimentación debido a la razón que fuere. Se escogió el valor de 5 días de tiempo máximo que puede durar un apagón o fallo eléctrico partiendo de que en los últimos 20 años el apagón de mayor duración fue de 2 días.

Para realizar el cálculo de los miliamperios hora (mAh) de la batería se tuvo en cuenta lo siguiente:

El sistema principal, el módulo ESP32 tiene un modo Deep Sleep que se utilizará, con lo que estará casi permanentemente consumiendo 32uA, y cuando esté activado aumentará dicho valor hasta 80mA. Una persona de media sale y entra a casa entre 4 y 8 veces diarias, así que para el cálculo se toma el valor máximo de 8 veces.

Entonces el cálculo final queda que, de cada día, de cada 1440 minutos, hay 6 que el sistema tiene un consumo normal, y el resto consume lo mínimo por el modo Deep Sleep. Se utiliza el valor de 6 minutos asumiendo que el sistema tarde 45 segundos en reconocer, abrir y volver al Deep Sleep.

Por otro lado, los sistemas secundarios que quedan por tener en cuenta son, el sensor PIR de movimiento que según el datasheet del fabricante tiene un consumo medio de 1mA, y el motor que será el encargado de accionar el bombín para la apertura de la puerta que tiene un consumo de 410 mA.

Teniendo en cuenta todos estos valores, y sabiendo que el sistema necesita funciona con la fuente de alimentación que se ha dispuesto, con una batería de 500 mAh, el sistema dispondrá una autonomía de casi una semana.

5.1.1.3. Fuente de Alimentación

Para el diseño de la PCB se ha comenzado por la fuente de Alimentación, considerando a esta como la parte más importante de este diseño. Este sistema dispone de una gran fuente de alimentación que convierte los 230VAC de la red a 5VDC utilizando un rectificador con puente de diodos en H. Una vez han sido convertidos, estos 5VDC pasan por un cargador de baterías de litio, MCP73833, con lo que se mantendrá cargada la batería de 3.7V. Hecho esto el circuito de la batería se regula mediante un TPS63021, para obtener una salida final de 3.3V constantes y estables.

A partir de ahí el circuito de la fuente tiene otros dos pequeños circuitos que parten de la batería, uno convierte la tensión de la batería a 12V, con lo que se podrá alimentar el motor. El otro circuito saca una tensión de 5V para alimentar todas aquellas partes que necesitan dicha tensión como por ejemplo el sensor de movimiento.

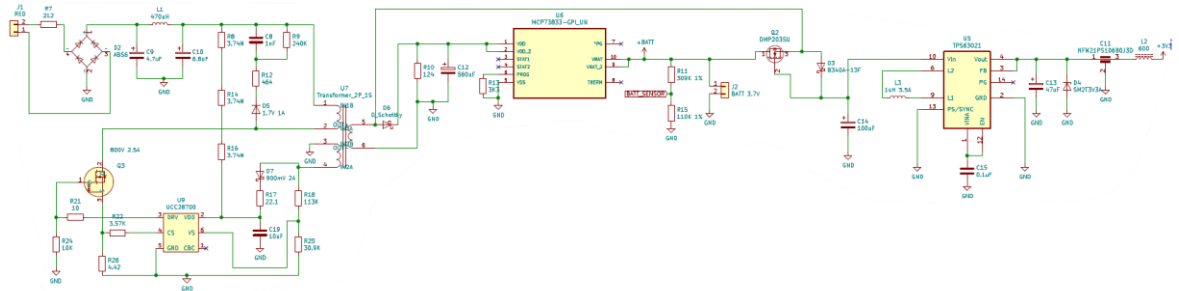


Ilustración 19. Circuito de Red a 3.3VDC (Elaboración Propia)

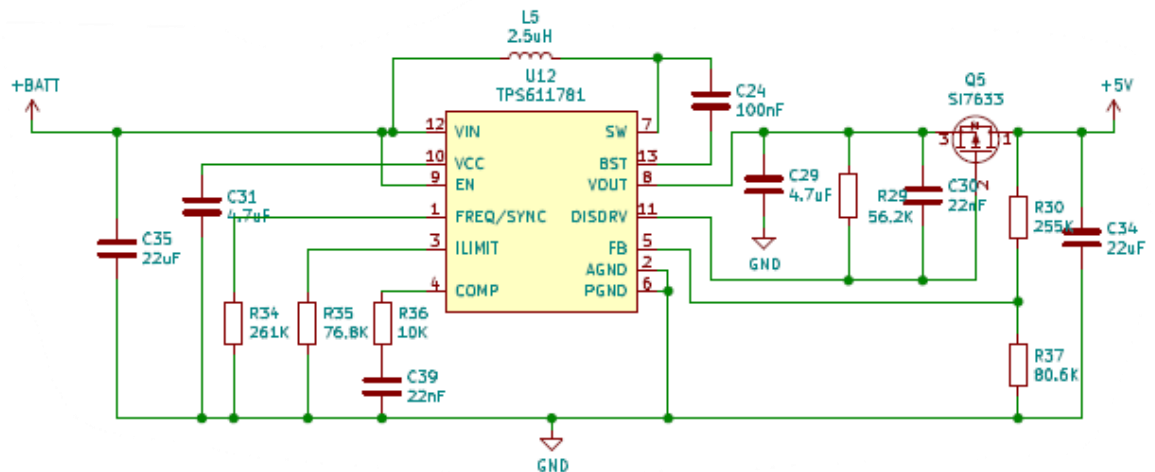


Ilustración 20. Circuito de Batería a 5VDC (Elaboración Propia)

Desarrollo

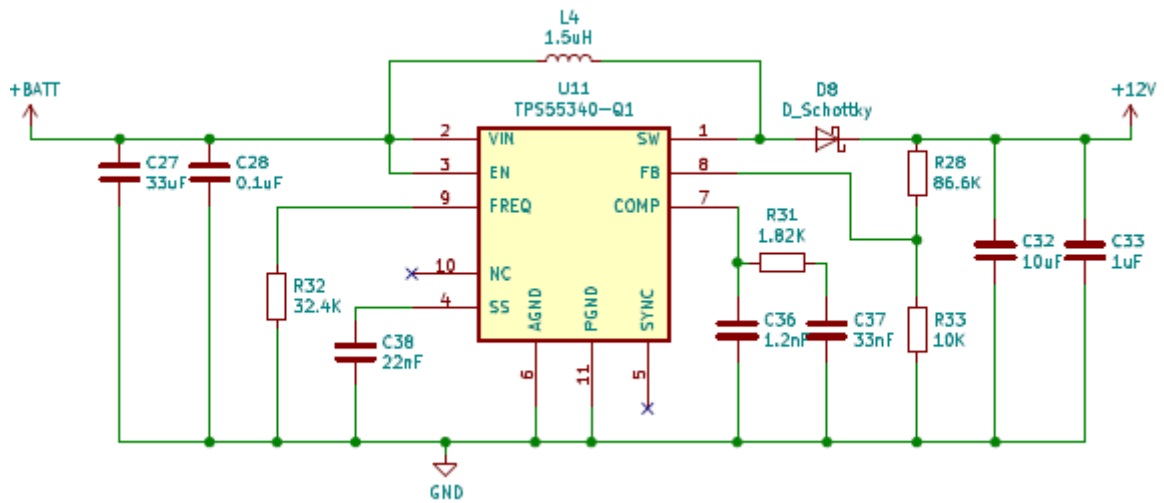


Ilustración 21. Circuito de Batería a 12VDC (Elaboración Propia)

Para una mejor apreciación de los circuitos en sí, o de los componentes que forman los mismos, se encuentra adjunto en el Anexo 1: Planos.

A parte de estos circuitos, dentro de la parte de alimentación se encuentran otros dos circuitos, uno que convierte los 3.3VDC a la salida del circuito principal en 2.8VDC y otro que coge esa misma entrada de 3.3VDC y una salida de 1.2VDC. Ambos circuitos se utilizan para alimentar la cámara.

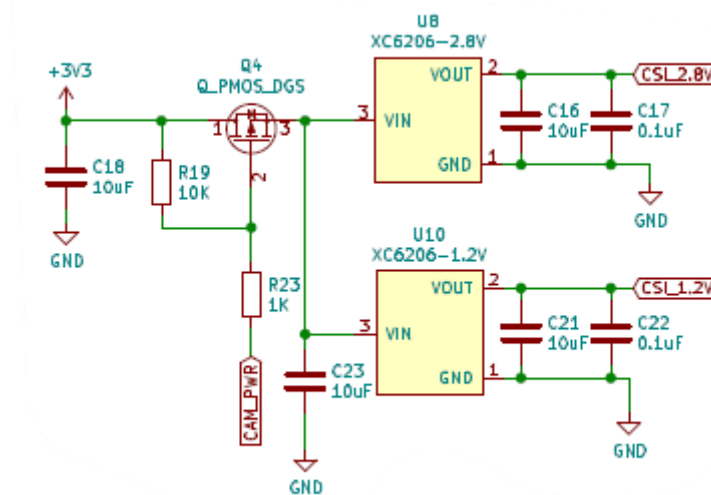


Ilustración 22. Circuito de 3.3VDC a 2.8VDC y 1.2VDC (Elaboración Propia)

5.1.2. ESP32-Wrover

Esta es la segunda parte del diseño electrónico, que hace referencia al conexionado del ESP32-Wrover con el sistema. Primero de todo se debe conocer que ofrece el módulo.

Este módulo dispone de una memoria flash de 16Mb y una PSRAM interna de 8Mb. Además, tiene soporte para múltiples memorias QSPI flash y chips de SRAM.

Este módulo también ofrece conectividad Wifi 802.11b/g/n y Bluetooth.

Como se puede observar en la siguiente ilustración, este dispositivo ofrece un total de 39 pines, de los que se hará para el conectado de un botón de reset, un lector de tarjetas micro SD, un conector de 26 pines para una cámara, el motor con encoder y sensor de efecto Hall y el sensor PIR de movimiento.

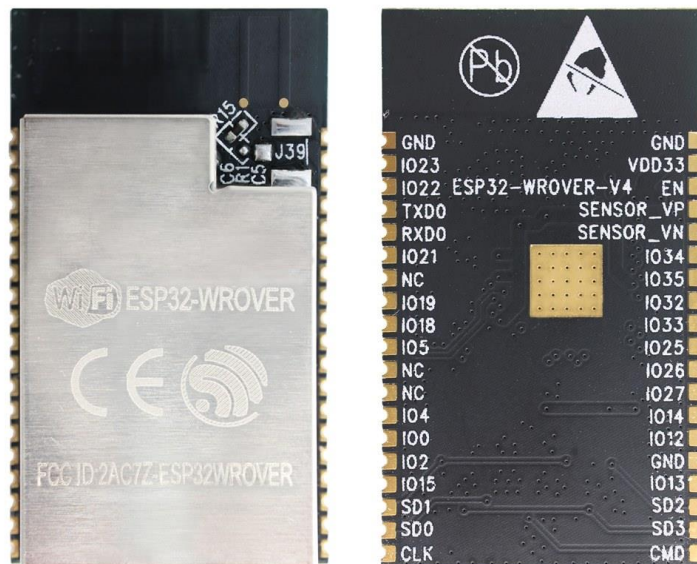


Ilustración 23: ESP32-Wrover (OpenSource, 2018)

Desarrollo

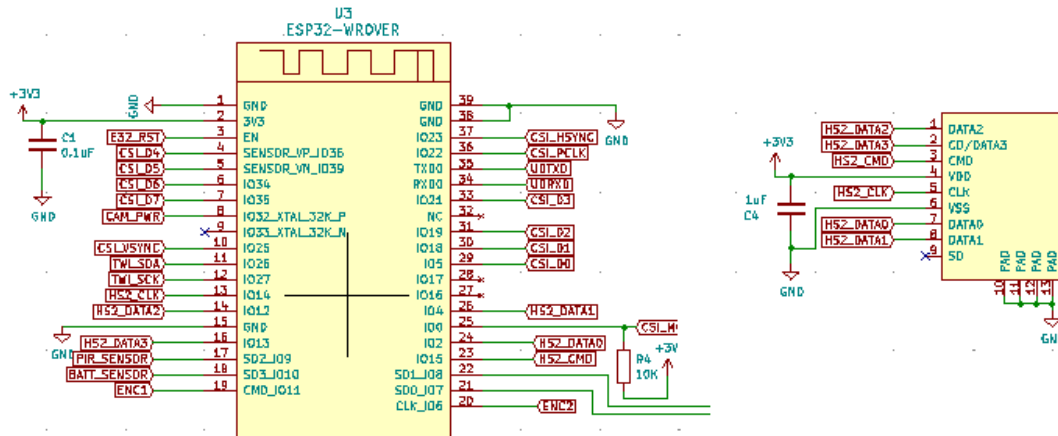


Ilustración 24: Esquema conexonado lector SD al ESP32 (Elaboración Propia)

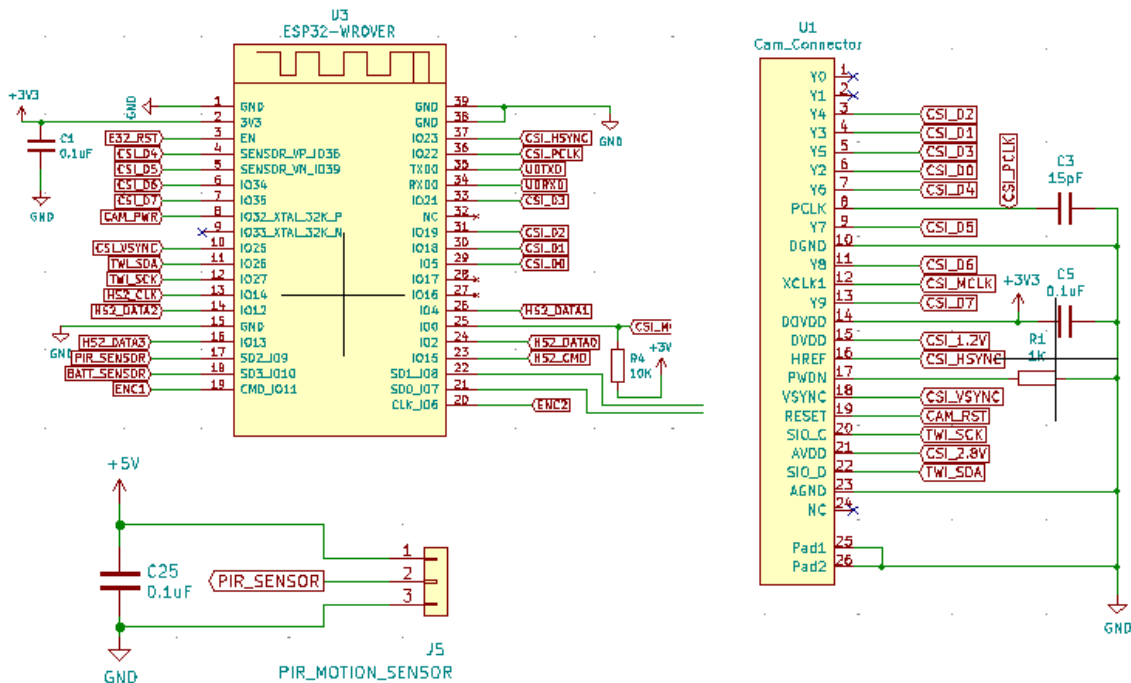


Ilustración 25: Esquema conexonado Cámara y sensor PIR al ESP32 (Elaboración Propia)

Las ilustraciones 19 y 20 se encuentran ubicadas en el esquema del Anexo 1: Planos.

5.1.3. Sensor de Movimiento PIR

Para este proyecto se hará uso de un sensor de movimiento PIR, en este caso se utilizará un HC-SR501.

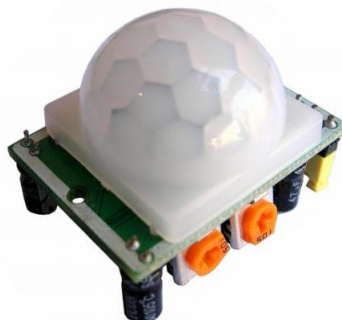


Ilustración 26: Sensor de movimiento PIR HC-SR501 (SA, 2017)

5.1.3.1. Principio de funcionamiento:

Todo ser vivo y objeto emite una radiación electromagnética infrarroja, debido a la temperatura a la que se encuentran. A mayor temperatura mayor radiación. Gracias a esta característica, se han desarrollado sensores de infrarrojos pasivos, los cuales permiten la detección de movimiento, normalmente de seres humanos o animales.

Este tipo de sensores son conocidos como sensores de movimiento PIR, de su nombre en inglés "Pyroelectrical Infrared" o "Passive Infrared", es decir, infrarrojo pasivo o piroeléctrico.

En este módulo de sensor PIR, el sensor real se encuentra bajo una lente de Fresnel, claramente apreciable en la ilustración 26 (encapsulado blanco). Esta lente es un encapsulado semiesférico hecho de polietileno de alta densidad cuyo objetivo es permitir el paso de radiación infrarroja en el rango de los 8 a los 14 micrones. Con el lente el sensor puede detectar con una apertura de 110° y gracias a su forma concentra la energía sobre el sensor PIR permitiendo una mayor sensibilidad.

Este modelo en concreto trae consigo la opción de regular, mediante dos potenciómetros naranjas, tanto la sensibilidad como la distancia de detección del PIR. Se puede regular el módulo para detectar movimiento entre 3 y 7 metros de distancia y con una apertura de entre 90° y 110° .

Este módulo se alimenta entre 5 y 12 Voltios tal y como se ha comprobado en el apartado de la batería, y tiene un consumo de 1 mA, aproximadamente. El módulo tiene tres conectores, +Vcc, GND y la salida que proporciona un valor de tensión de entre 0

Desarrollo

y 3.3V. Esta salida es la que irá posteriormente conectada a uno de los pines exteriores del módulo ESP32-Wrover.

5.1.4. Motor

En este apartado se clarifican las razones por las que se ha elegido un motor de corriente continua para realizar el montaje.

Partiendo de la base que el motor escogido debe ser de corriente continua, las mejores opciones son las dos siguientes, los motores paso a paso, como los motores con escobillas de corriente continua. Se ha procedido al descartado de los motores paso a paso por las siguientes razones:

Los motores paso a paso, podrían ser una opción viable al igual que los motores de corriente continua, el problema con ambos modelos es la pequeña posibilidad de que el motor no gire o gire en sentido contrario. Por una parte, un apropiado control del motor debería reducir enormemente esta posibilidad, pero nunca llega a estar a 0. Por esta razón, y a sabiendas que los motores de corriente continua tienen más probabilidades tanto de girar como de girar en el sentido apropiado, se ha decidido utilizar estos.

Conociendo todo lo comentado previamente se procede a realizar los cálculos para saber que motor escoger. Primero de todo se necesita saber el par que se necesita para poder girar una llave en una cerradura. Tras varias pruebas en distintas cerraduras, se ha determinado que se necesita un par mínimo aproximado de 0.25 Nm tanto para abrir como para cerrar, en ambos casos poniendo o quitando el pestillo.

Hecho esto se necesita un motor que pueda desarrollar como mínimo ese par, y que tenga una reductora para tener como mínimo 10-15 rpm. Con estos valores obtendríamos una apertura de puerta en un tiempo mínimo aproximado de entre 8 y 12 segundos. Realmente estos valores se han escogido para que el sistema realice la apertura despacio, pero se podría incrementar el número de rpm para reducir el tiempo de apertura al que se quisiera, ya fuese 1 segundo o incluso menos.

En este punto se encuentran dos opciones diferentes, se estará utilizando un motor con reductora, codificador rotativo y sensor de efecto Hall, con el que se puede tener un control absoluto de la velocidad, y con lo que se podría contar el número de vueltas que da. Por otro lado, utilizando ese codificador rotatorio, también llamado encoder, se conseguiría una precisión más elevada en el momento de contar el número de vueltas que da el motor.

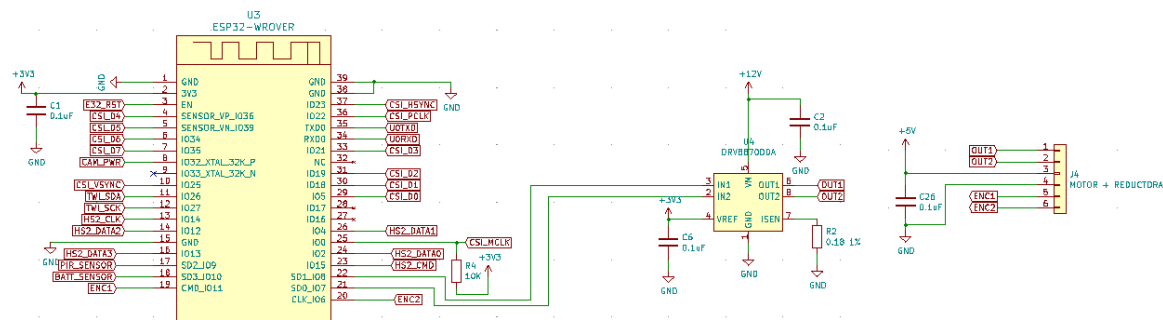


Ilustración 27: Esquema conexonado del motor y sensor de efecto Hall al ESP32 (Elaboración Propia)

En este caso se ha escogido un motor con escobillas, con una reductora de 1:150, encoder y sensor de efecto Hall. Este motor tiene una corriente nominal de 410 mA, y un pico de corriente en 1.8A. Además, tiene una velocidad nominal de 26 rpm, con lo que se podría abrir o cerrar la puerta con un margen de unos 2 segundos. En el caso de que alguien quisiera reducir ese tiempo al mínimo posible, se podría cambiar la reductora por una de 1:100 consiguiendo así una velocidad nominal de 48 rpm, y un tiempo de apertura de menos de 1 segundo. Todos estos cambios se podrían realizar gracias al encoder y al sensor de efecto Hall incorporados para el control completo del mismo. En este caso se ha decidido utilizar la reductora de 1:150, porque los 2 segundos se considera un valora aceptable.

Obviamente el motor no podría ser controlado al completo sin un driver apropiado, por ello se ha escogido un driver DRV8870DRA, con el que se puede regular la intensidad de pico de salida de entre 0 a 3.6 A, margen de sobra para conseguir el valor necesario. Para este control se utiliza una resistencia de 0.18 Ohms con 1% de error para conseguir la máxima precisión. Esta resistencia está conectada al pin ISEN que es el encargado de regular la intensidad.

5.1.5. Diseño electrónico del proyecto

Una vez realizado y comprobado todo lo anterior, se ha procedido a realizar al completo el circuito electrónico y posteriormente realizar el diseño de la PCB para el proyecto. Una vez terminado el circuito, solo hace falta añadir huellas a todos y cada uno de los componentes, y posteriormente diseñar la PCB, de la forma más compacta que sea posible.

Desarrollo

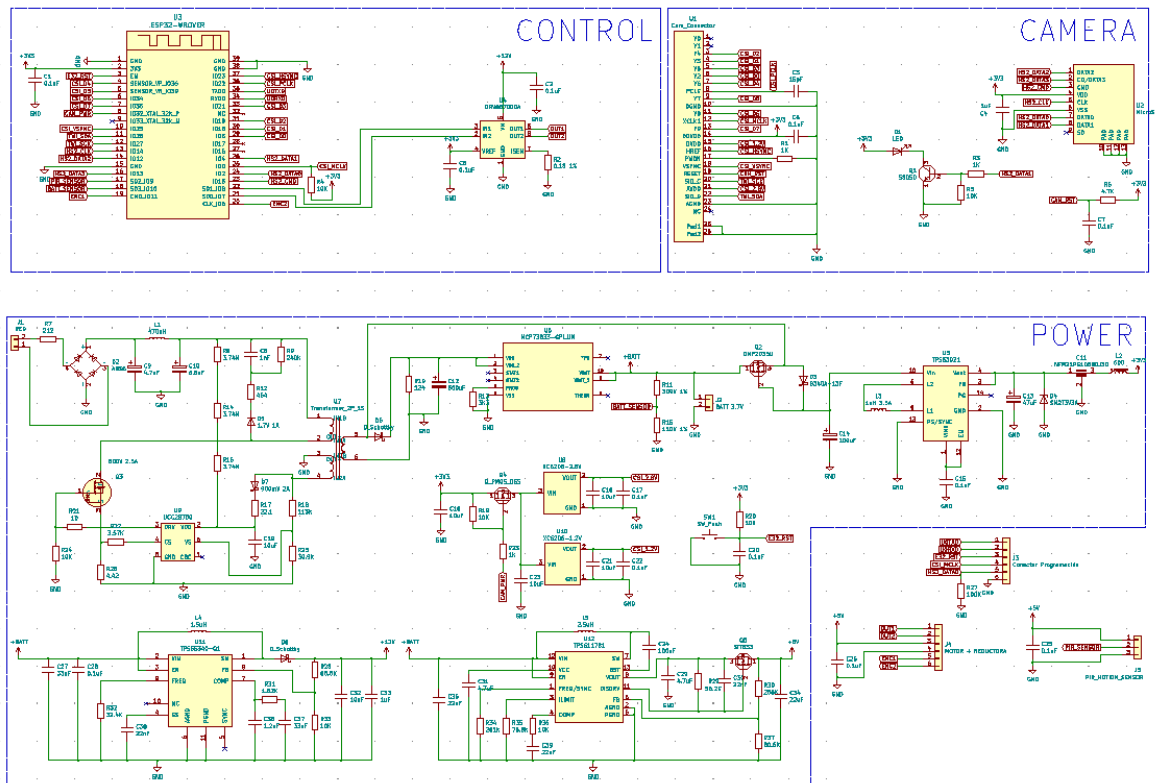


Ilustración 28: Esquema completo del sistema (Elaboración Propia)

El circuito al completo se encuentra adjunto en el Anexo 1: Planos. Por otro lado, en ese mismo anexo se encuentran adjuntados los planos de la PCB.

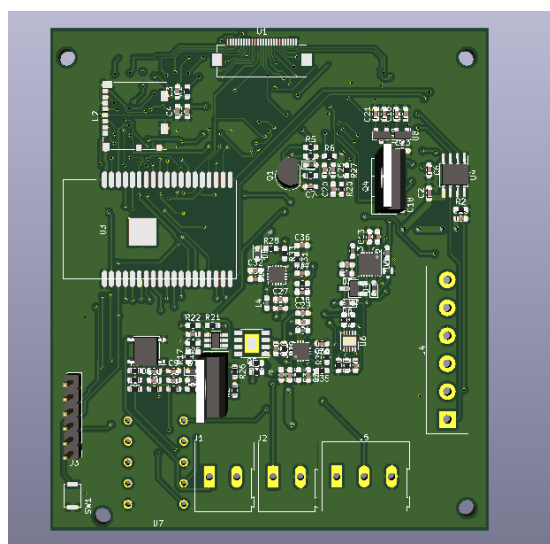


Ilustración 29: PCB Vista Frontal (Elaboración Propia)

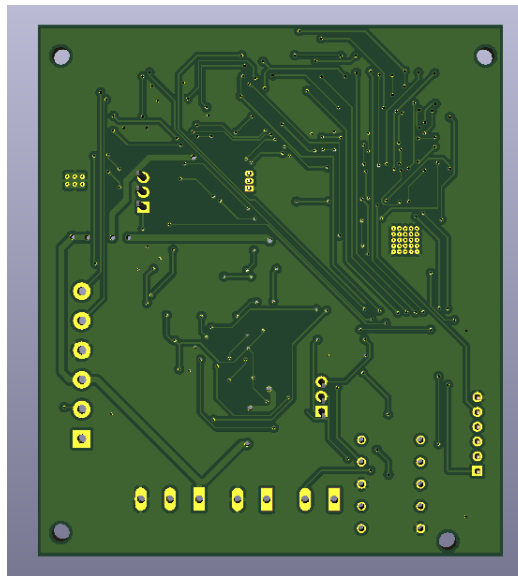


Ilustración 30: PCB Vista Trasera (Elaboración Propia)

Esta es la PCB, o placa de circuito impreso, que se ha diseñado para este proyecto.

Tal y como se puede apreciar en la ilustración 29, se ve que hay conectores por los cuatro lados de la placa. En este proyecto se ha dejado el conector de la cámara en la parte superior, este es un conector de cable plano flexible de 26 pines, y se ha dejado en esa posición dada el hecho de que el cable que conecta la cámara y la PCB no puede tener más de 10 cms. A parte de ese también se ve claramente diferenciado el conector de 6 pines que se encuentra en la parte izquierda de la misma, este es el conector para la programación. Se ha escogido este tipo de huella porque en este caso no tiene que estar siempre un ordenador conectado, sino que solo en el momento inicial de subir el software a la placa, y quizás en algún momento posterior por si el sistema fallase o se quisiera actualizar.

A partir de ahí quedan los conectores inferiores y los del lateral derecho, que tienen las siguientes finalidades:

En la parte inferior y de izquierda a derecha nos encontramos con el primer conector de 2 pines, es el utilizado para la conexión a la red eléctrica de la vivienda en la que se encuentre instalado. En este caso, y tal y como se ha hecho mención a lo largo de este escrito, se necesita de conexión a la red eléctrica dado que es la principal fuente de alimentación del sistema. Dicho esto, pasamos al segundo conector, situado a la derecha del anterior. Este conector es el de la batería, a este se conectará una batería de Litio de 3.7V. Esta es la segunda fuente de alimentación del sistema, la alimentación auxiliar, para el caso de que se quedase sin luz pudiese subsistir varios días, tal y como se ha explicado en el apartado 5.1.1.1. El último conector que se encuentra en esta

Desarrollo

zona es el del sensor de movimiento PIR. Se podría haber utilizado un conector, en el que los cables fuesen directamente soldados al mismo, pero se ha considerado la opción de dejar este conector para que la persona que vaya a utilizarlo pueda utilizar cualquier otro tipo de sensor PIR similar, y no tenga ningún tipo de restricción en el momento de escoger la posición donde va a ir colocador dicho sensor. Dado que si se soldase tendría una distancia previamente definida del sensor a la placa, y no podría ser alterable.

Por último, solo queda un conector situado en el lateral derecho de la placa, remarcar que se ha mencionado que estos conectores están organizados desde la visual de la Ilustración 29, igualmente la PCB se encuentra en el Anexo 1. Este último conector es el del motor y sus complementos, eso incluye la reductora, el encoder y el sensor de efecto Hall.

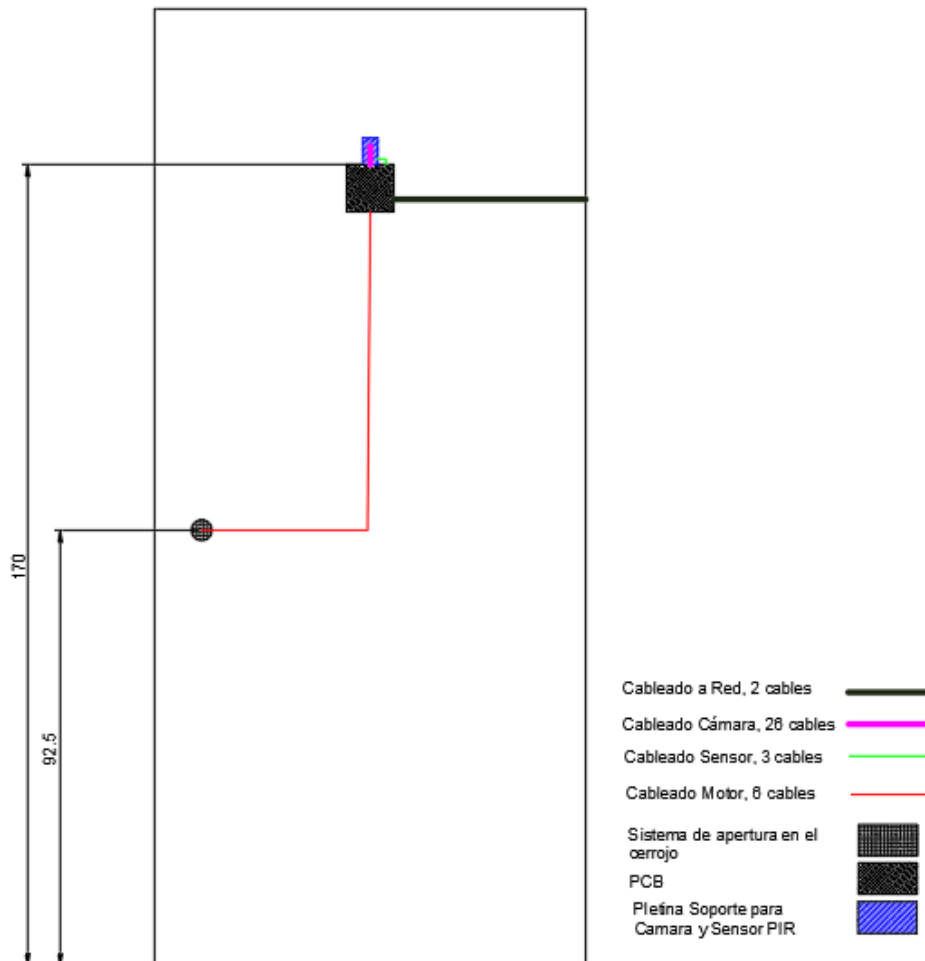
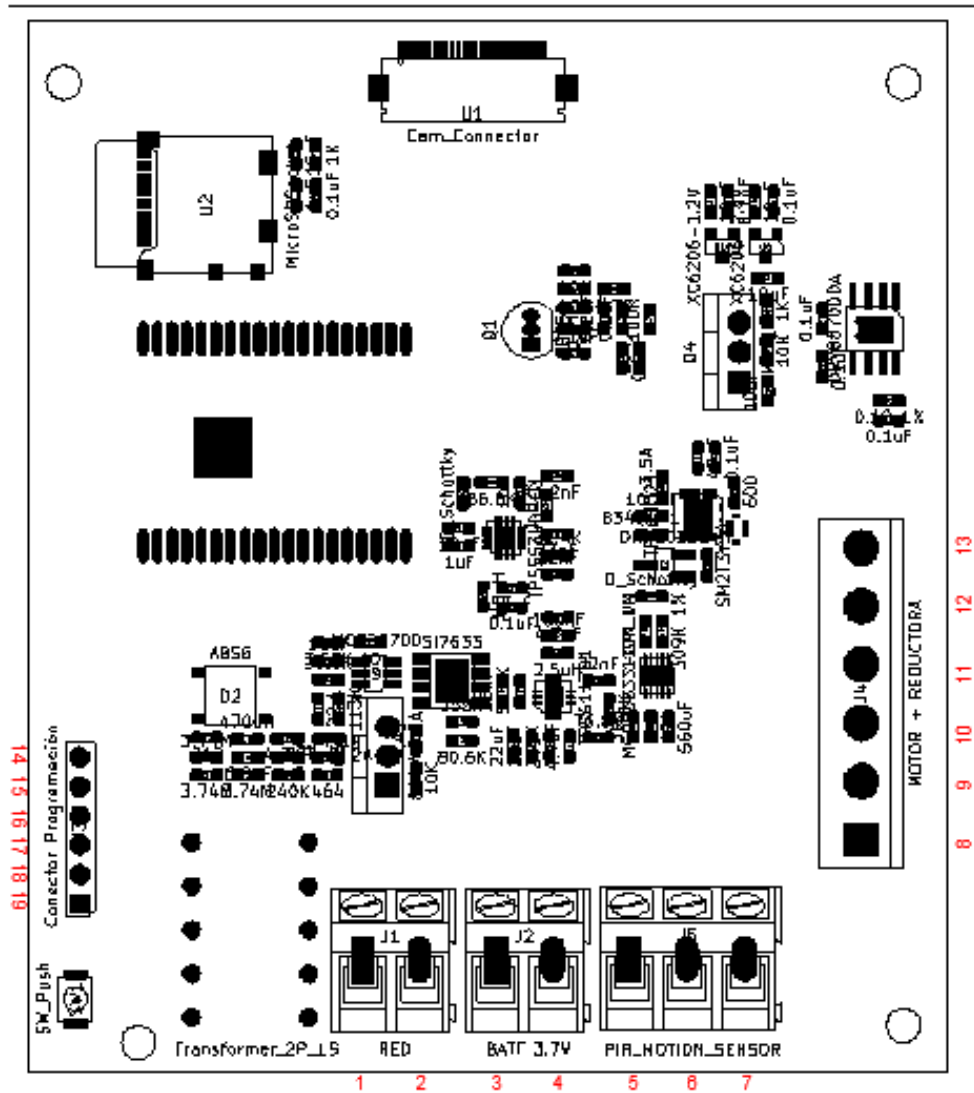


Ilustración 31: Esquema de Cableado Eléctrico (Elaboración Propia)



| | | | | | |
|---|---------|----|--------|----|-------|
| 1 | GND | 8 | MOTOR1 | 15 | DATA0 |
| 2 | +230VAC | 9 | MOTOR2 | 16 | CLK |
| 3 | +BATT | 10 | +5VDC | 17 | RST |
| 4 | GND | 11 | GND | 18 | RXD |
| 5 | +5VDC | 12 | ENC1 | 19 | TXD |
| 6 | SENSOR | 13 | ENC2 | | |
| 7 | GND | 14 | GND | | |

Ilustración 32: Esquema Cableado Eléctrico para Montaje (Elaboración Propia)

Desarrollo

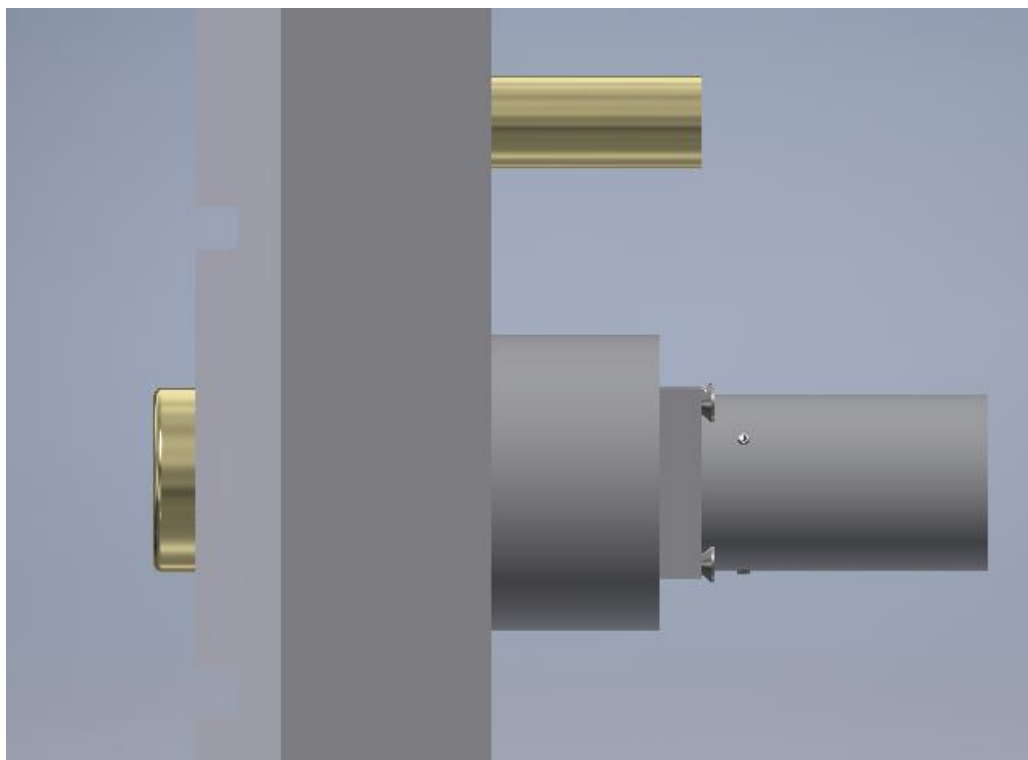


Ilustración 33: Representación simulada del sistema (Elaboración Propia)

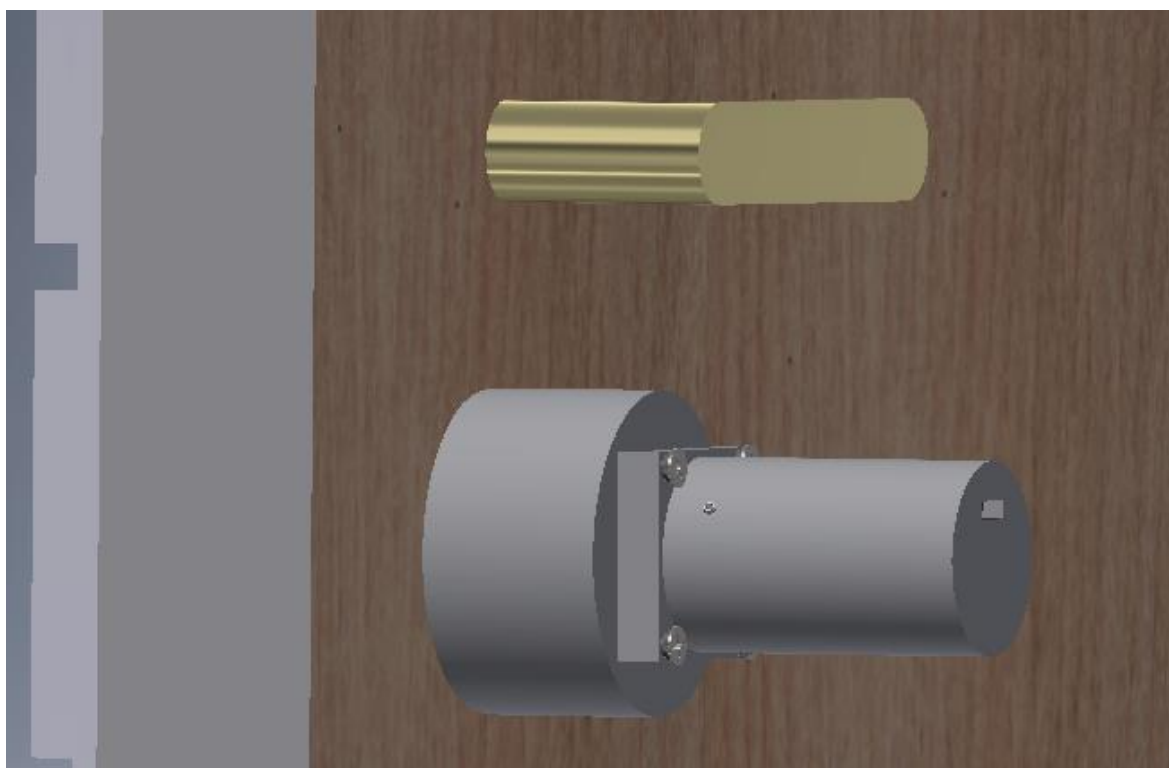


Ilustración 34: Representación simulada del sistema (Elaboración Propia)

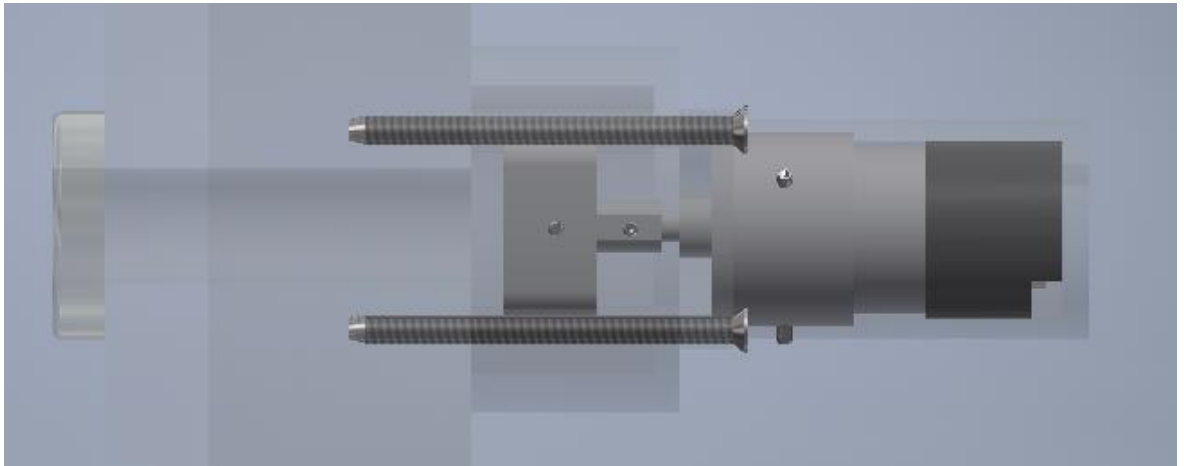


Ilustración 35: Representación simulada del sistema (Elaboración Propia)

En las anteriores tres imágenes se puede apreciar el resultado del montaje del sistema sobre una puerta. En las dos primeras imágenes se ven las proporciones reales del sistema una vez montado. Podría subirse o bajarse ligeramente el sistema, teniendo en cuenta que en este hay tres pequeñas tuercas para fijar el motor en la posición que se prefiera. Con esta fijación lo que se consigue es dejar el extremo donde va acoplada la llave, que es el que va a rotar, un poco más alto o más bajo, consiguiendo así poder ajustar ligeramente la altura a la que va el sistema, y haciendo que sea más adaptable a los diferentes pomos de las puertas donde se monte. En la última ilustración, podemos ver que el sistema va atornillado a la puerta, los tornillos utilizados deberán cambiar de longitud en función del grosor de la puerta.

5.2. DISEÑO MECÁNICO

Para el diseño mecánico del sistema se ha realizado un diseño 3D, para visualizar como quedaría en el montaje real. En este apartado se diseñará el soporte del motor, para poder mantenerlo fijo a la puerta. También se diseñará la pieza fundamental, el extremo que va atornillado al motor y cogido a la llave, con lo que se podrá abrir la puerta.

Antes de nada, hay que tener claro cuál es el funcionamiento del sistema. Este sistema se ha diseñado para que sea viable su uso en cualquier puerta con una cerradura moderna, esto excluye las cerraduras de pomo, y las cerraduras gorjas, dejando este sistema funcional para las cerraduras de sobreponer, las embutidas, las de seguridad y las de multipunto. Cabe aclarar que las digitales no se incluyen en este apartado dado que, este sistema formaría parte del tipo de cerraduras digitales. También dejar claro que al ser un sistema funcional para cualquier tipo de puerta el diseño que se ha realizado está pensado para añadirse como accesorio a la cerradura previamente instalada, no para retirar una cerradura y añadir esta.

Una vez aclarado esto, se pasa a determinar el funcionamiento del sistema. Este sistema contiene un motor, que es el encargado de realizar la apertura y el cierre de la vivienda. En el extremo del motor se encuentra la pieza de agarre, explicada más en detalle posteriormente. La pieza tendrá una función fundamental, dispone de un pequeño tornillo para apretarlo al extremo del motor, y de otro agujero roscado para que al insertar la llave quede mínimamente fijada. Se ha diseñado una pieza de agarre funcional para los tres tipos de llave más utilizados en el mercado actual. Lo que hará el usuario del sistema será, atornillar esta pieza al motor y colocar la llave en el otro extremo de la pieza. Hecho esto situará la llave en la cerradura y procederá a colocar el soporte para cubrir todo el sistema. Para finalizar se atornillará el soporte a la puerta y quedará todo el sistema fijado y perfectamente funcional.

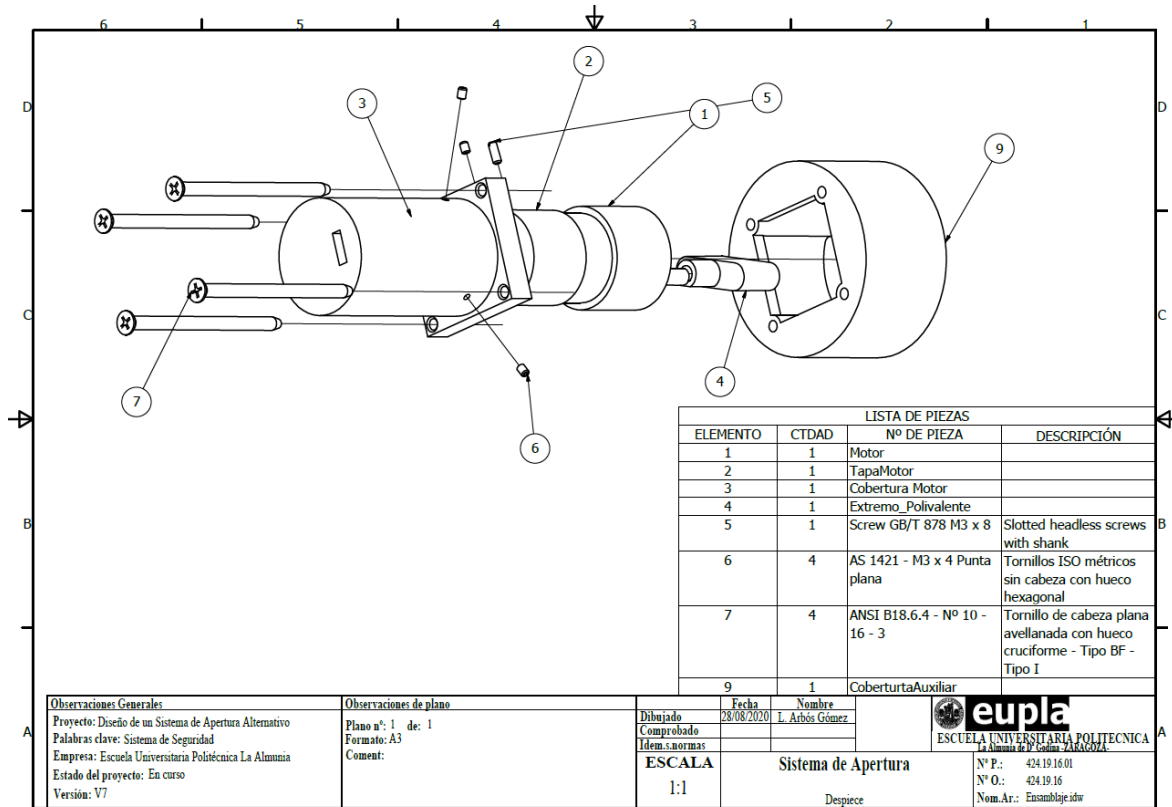


Ilustración 36: Diseño del conjunto (Elaboración Propia)

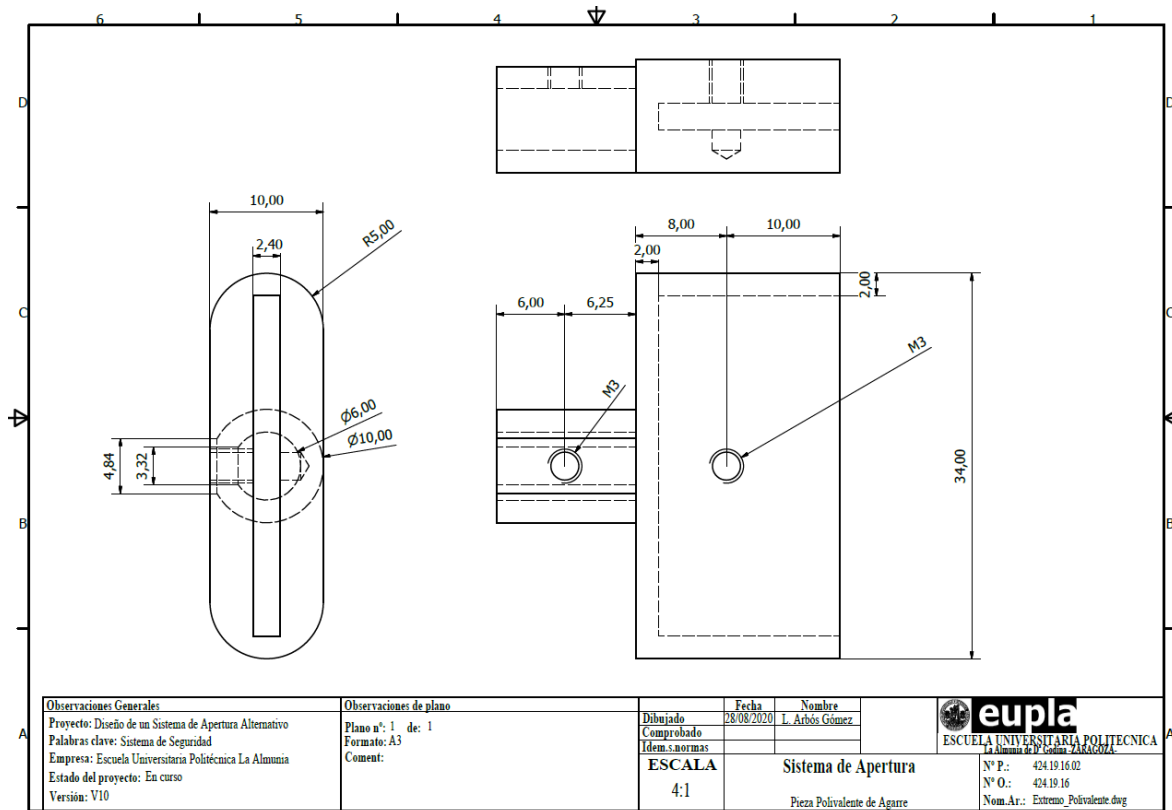


Ilustración 37: Diseño del extremo polivalente (Elaboración Propia)

Desarrollo

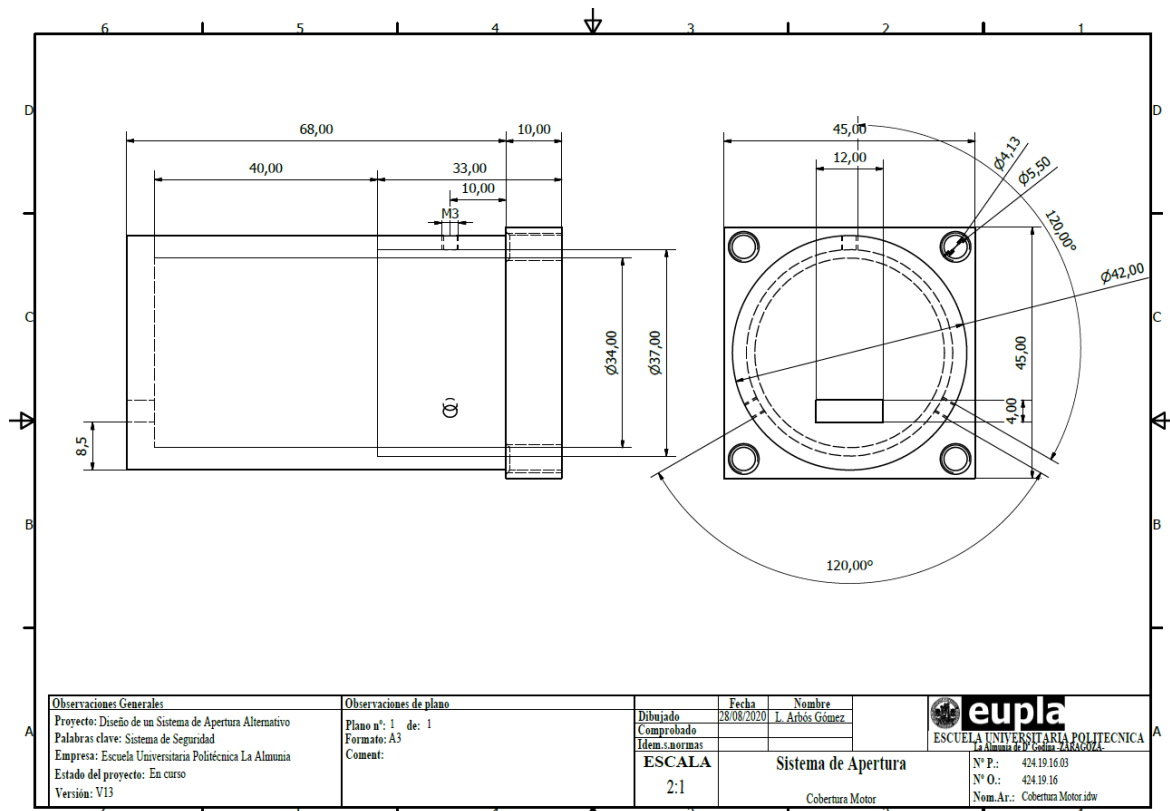


Ilustración 38: Diseño de la Cobertura del Motor (Elaboración Propia)

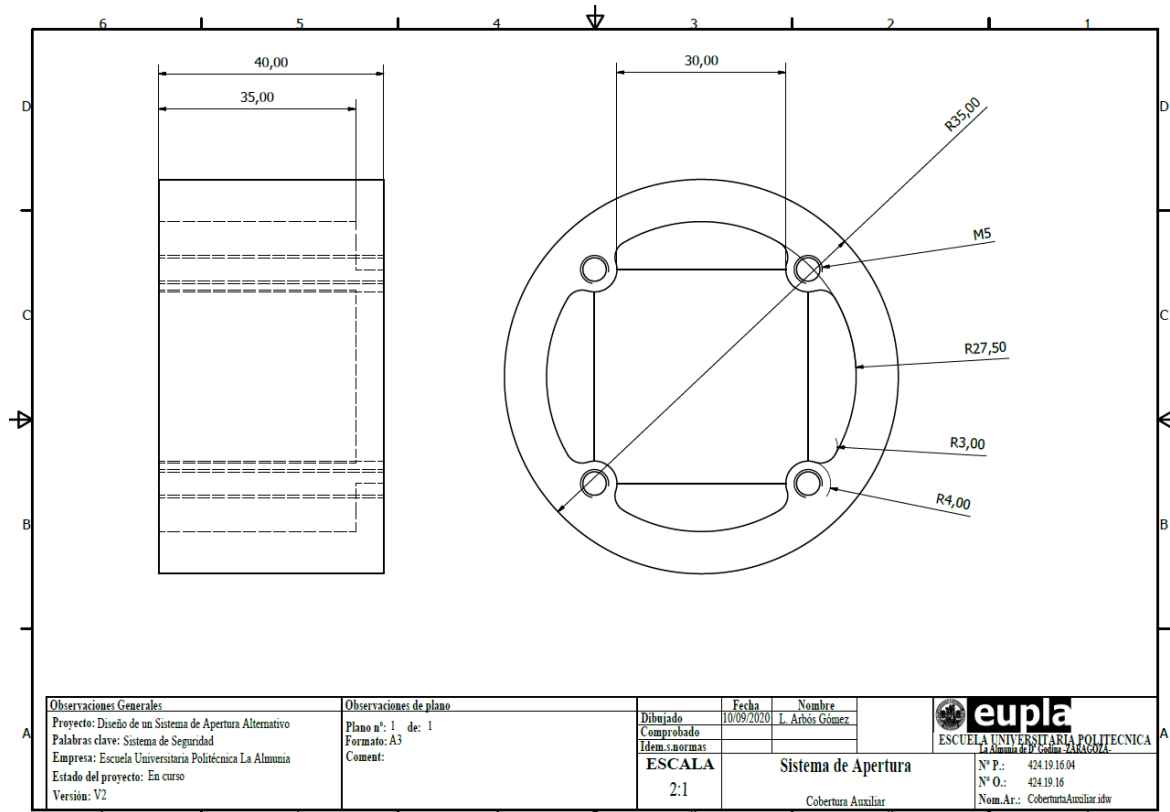


Ilustración 39: Diseño de la Cobertura Auxiliar (Elaboración Propia)

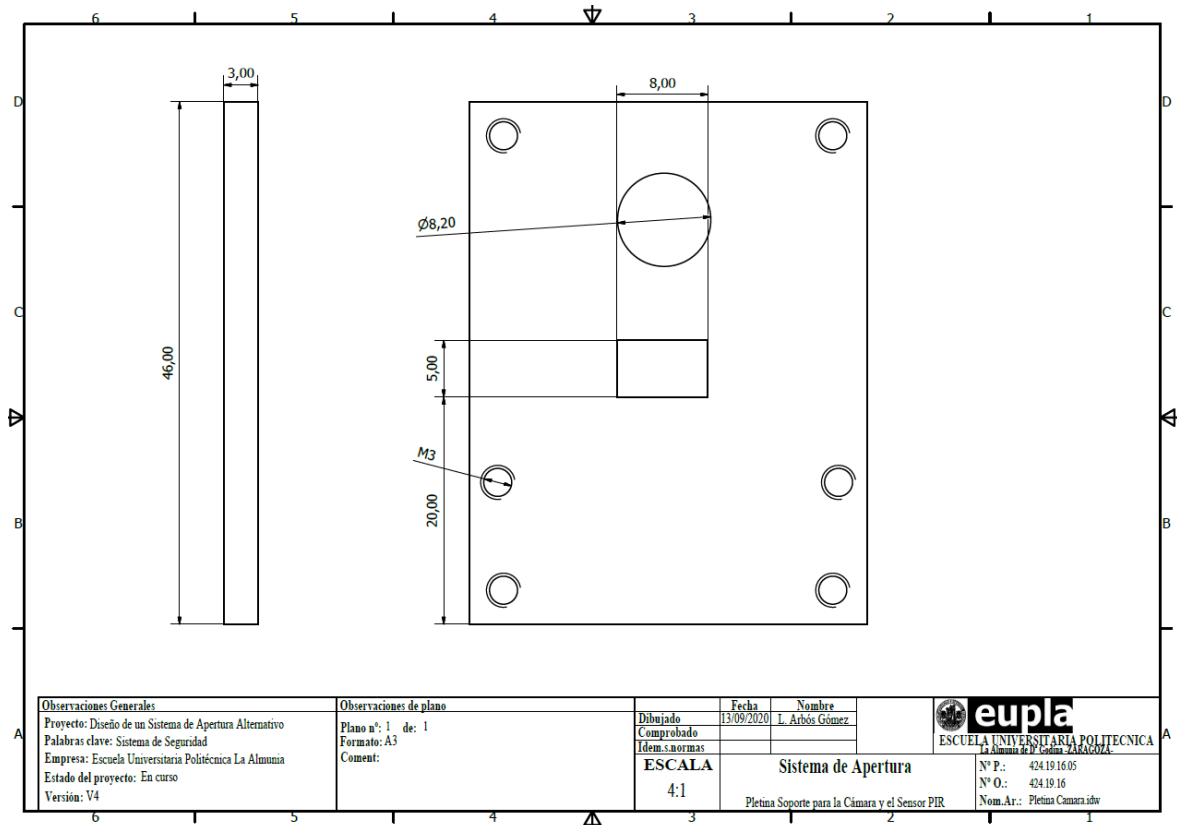


Ilustración 40: Pletina Soporte de la Cámara y el Sensor PIR (Elaboración Propia)

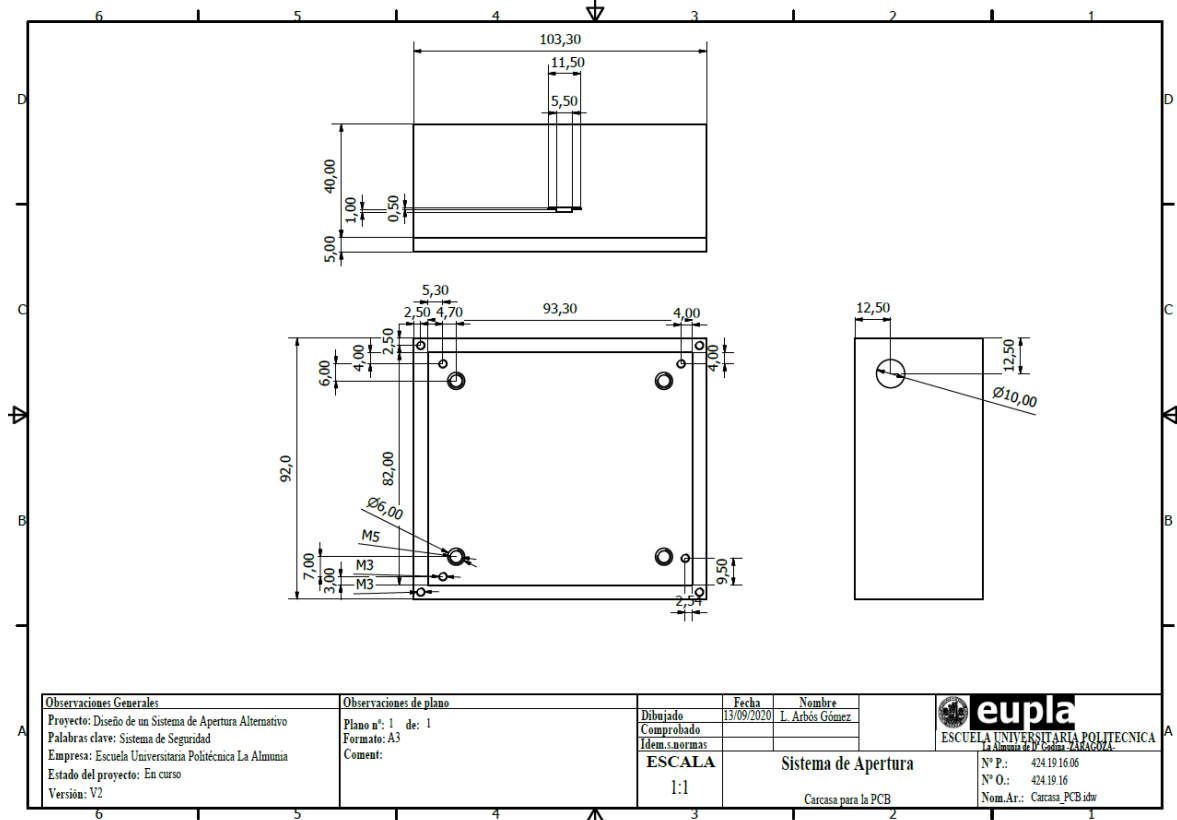


Ilustración 41: Carcasa de la PCB (Elaboración Propia)

Desarrollo

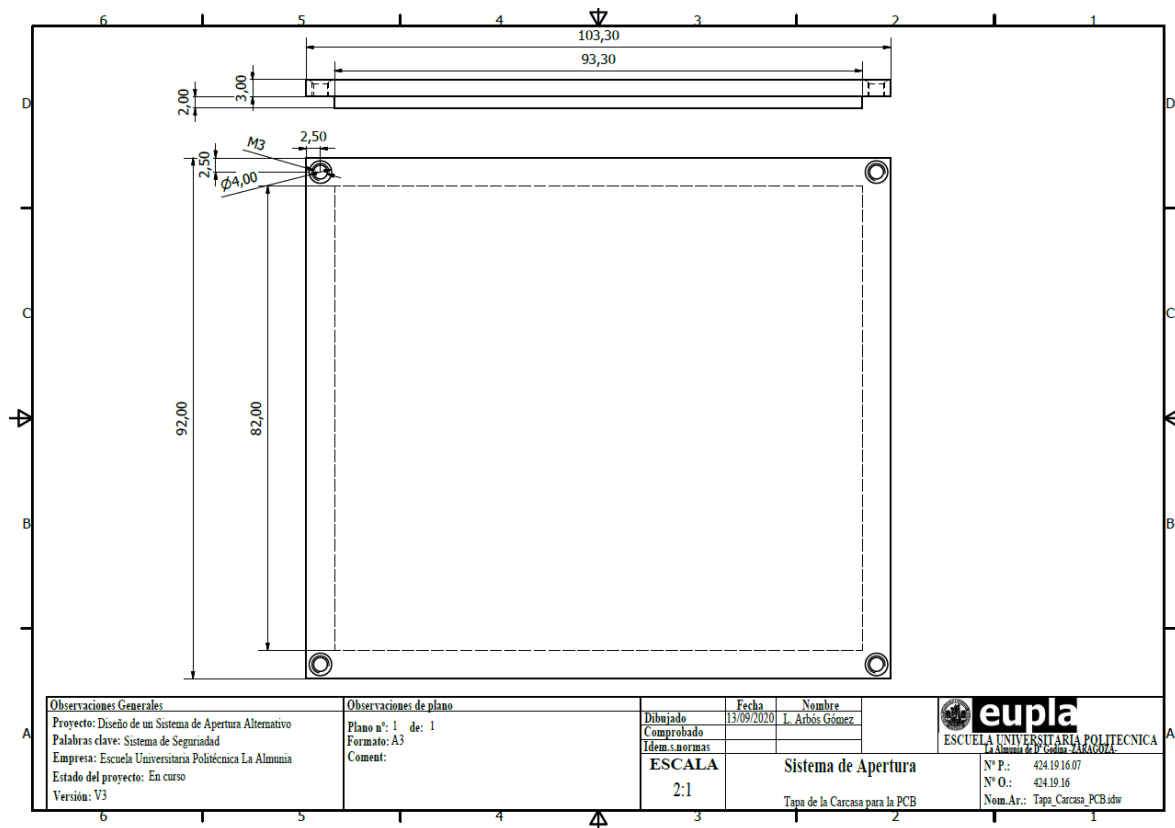


Ilustración 42: Tapa Carcasa de la PCB (Elaboración Propia)

5.2.1. Soporte del Motor

Para el diseño del sensor se tiene en cuenta lo siguiente:

- Este debe soportar todo el peso del motor, cosa que debería soportar sin problemas dado el hecho de que se ha escogido un motor pequeño.
- Debe ir atornillado a la puerta, y los tornillos deben tener suficiente longitud para soportar sin problemas tanto el peso del motor como el esfuerzo del motor en movimiento, que, en este caso, al no ser un motor de grandes dimensiones ni gran potencia, no debería suponer un gran problema.
- Al ser un motor pequeño no es necesario que el soporte sea de ningún material en especial, con lo que se podría fabricar en algún tipo de compuesto plástico para reducir costes, o de metal, pero recordando que no tiene que soportar ningún gran esfuerzo.

Una vez aclarados estos puntos se procedió a realizar el diseño del soporte.

5.2.2. Pieza de Agarre

Para el diseño de esta pieza hay que tener claro el funcionamiento del sistema, previamente explicado en el apartado 5.2 Diseño Mecánico. A sabiendas de ello, debemos conocer las distintas formas que pueden tener las llaves más utilizadas en viviendas, o más concretamente los cabezales de las llaves. Nos encontramos con diferentes cabezales a la hora de realizar la apertura de la vivienda. Para asegurar un funcionamiento óptimo y polivalente del sistema se ha procedido al diseño de una pieza de agarre en la que encajen bien los tres tipos de llave más usados para las viviendas. Se planteó inicialmente el diseñar una pieza para cada uno de los cabezales de llave más comunes, pero eso llevaría a la fabricación de 3 piezas por cada sistema que se fabrique, y dado el hecho que se pueden utilizar, al menos esos tres tipos de cabezales en una sola pieza, se ha diseñado una pieza mucho más polivalente y útil.

5.2.2.1. Llave Cuadrada

El primer tipo, la más común de todas, la llave con cabezal cuadrado. Utilizada a día de hoy principalmente para la apertura de cerraduras de seguridad, y/o multipunto, son llaves que normalmente tienen agujeros, no dientes.

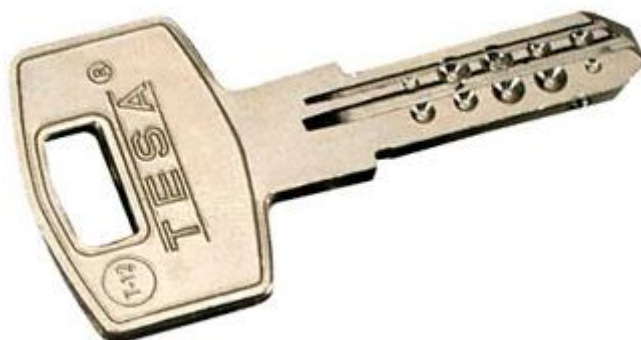


Ilustración 43: Llave de cabezal cuadrado (UnaCasaDiferente, 2020)

5.2.2.2. *Llave Circular*

Para este segundo caso nos encontramos con las llaves de cabezal circular. Este tipo de llave es, probablemente, el segundo más utilizado a día de hoy, aunque no se aleja mucho del anterior, teniendo en cuenta que en muchas viviendas todavía se encuentran cerraduras antiguas y no se les ha instalado las de seguridad. La diferencia con la anterior es que normalmente esta llave entra a la cerradura verticalmente, mientras que la llave cuadrada suele hacerlo horizontalmente. A efectos prácticos, en el momento de montar y utilizar el sistema, no variará en función de si va vertical u horizontalmente.



Ilustración 44: Llave de cabezal circular (Dreamstime, 2017)

5.2.2.3. Llave Triangular

En el último de los casos nos encontramos con llaves menos convencionales para la apertura de las viviendas, como pueden ser los cabezales triangulares. Cabe remarcar que realmente este tipo de llaves no son las utilizadas para la apertura de cerraduras, pero aun así se añadirán las triangulares a la lista para el caso de que haya personas que las utilicen.

Teniendo estos parámetros en cuenta se diseñó una pieza de agarre polivalente para estos tipos de cabezales de llave. Para este diseño se tomaron las dimensiones de los tres cabezales distintos de llave y se comprobamos si, efectivamente, pueden llegar a ser compatibles. El ser compatible hace referencia a que la forma de fijarla sea similar. En este caso para realizar una fijación ligera de la llave, dado que no se necesita que este extremadamente atada a la pieza, se ha utilizado un tornillo de métrica 3, que pasará por el agujero que todas las llaves poseen para el llavero. Aprovechando este agujero, y habiendo medido los tres cabezales, se observa que con un tornillo de métrica 3 cabría sin problemas, pero si aumentamos la métrica, no hay suficiente espacio en el cabezal cuadrado.

Dejando esto claro se realizó un diseño de pieza para que cupiera y quedara fijado al motor a la perfección, y a su vez, por el otro extremo, hubiera una fijación de la llave para evitar que al girar se mueva y acabe partiéndose, tanto la llave como el sistema. Realizando este diseño eliminamos la existencia de esta posibilidad.

Este es el diseño final de la pieza en 3D:

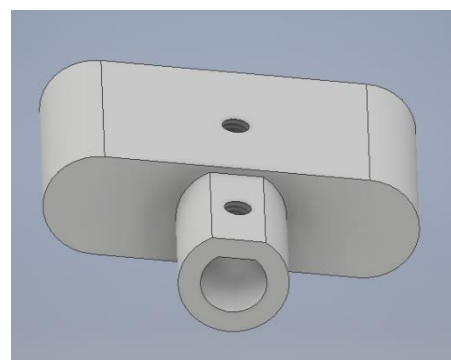


Ilustración 45: Extremo Polivalente (Elaboración Propia)

Ilustración 46: Extremo Polivalente (Elaboración Propia)

Los planos de la pieza diseñada se encuentran en la sección Anexos 1: Planos.

5.3. DISEÑO DE SOFTWARE

Para terminar de completar el desarrollo, el sistema necesita de un software para funcionar. Hay que tener en cuenta dos cosas dentro del software. Primero de todo que tiene un único código que va a controlar todo el sistema, es decir, el código que lleva internamente la placa basada en el ESP32-Wrover. Por otro lado, dentro del software también se ha procedido al diseño de la apertura secundaria. La apertura secundaria hace referencia a la apertura en el caso de que el reconocimiento facial fallase, dado que es un caso posible, teniendo en cuenta que la tecnología de reconocimiento facial actualmente sigue sin estar mejorado del todo y tiene posibilidades de fallar en múltiples ocasiones. Para este caso y tal y como se ha mencionado anteriormente a lo largo de este escrito, se ha desarrollado una apertura aprovechando el hecho de que todo el mundo posee un teléfono con Bluetooth hoy en día. Utilizando este factor a favor del proyecto, ha sido desarrollada una aplicación simple que al conectar con el teléfono facilita la apertura alternativa mediante este sistema. Este sistema de apertura secundaria será desarrollado en el apartado 5.3.2 Software Extra.

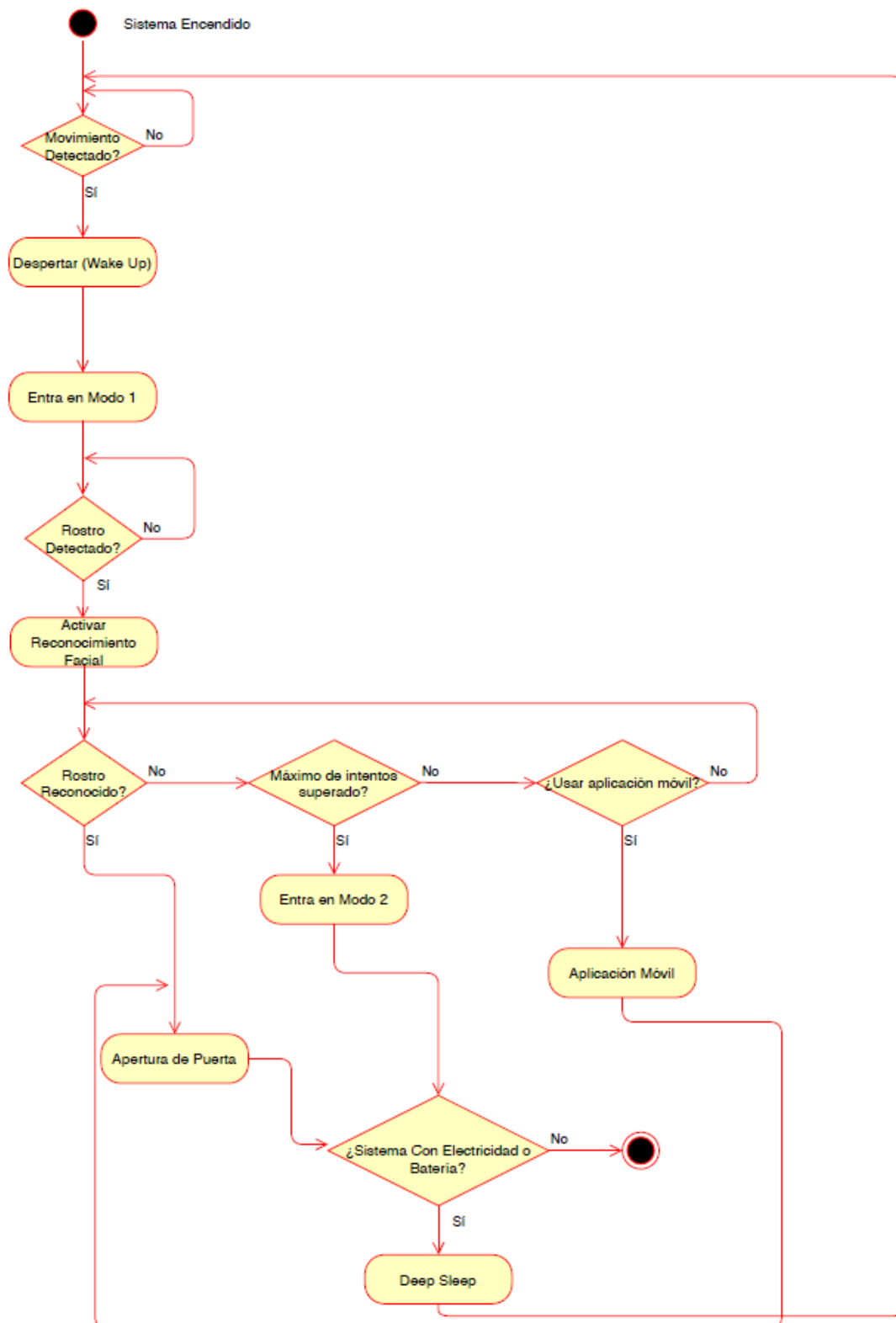


Ilustración 47: Diagrama UML del Sistema Completo (Elaboración Propia)

Desarrollo

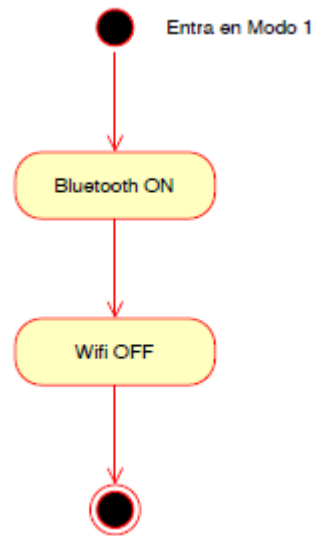


Ilustración 48: Modo 1 del Sistema (Elaboración Propia)

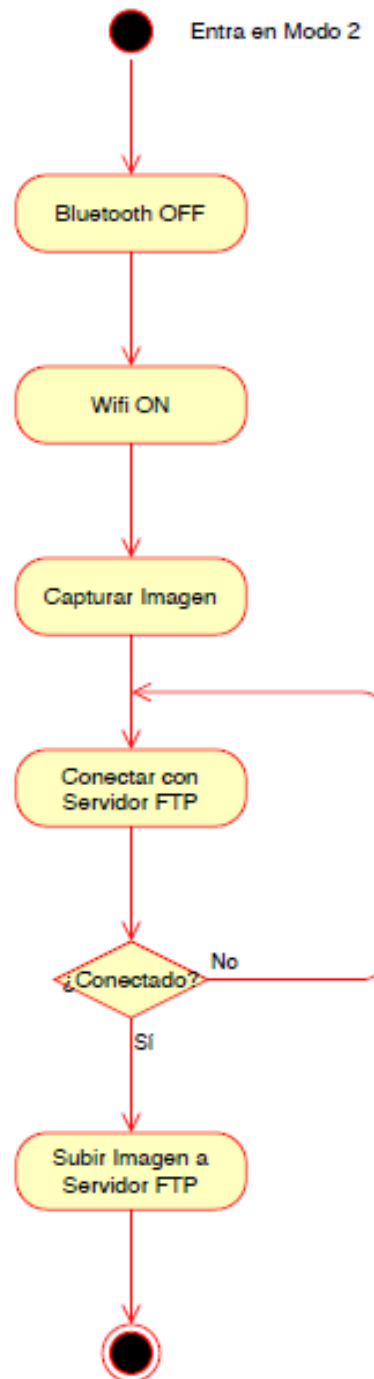


Ilustración 49: Modo 2 del Sistema (Elaboración Propia)

Desarrollo

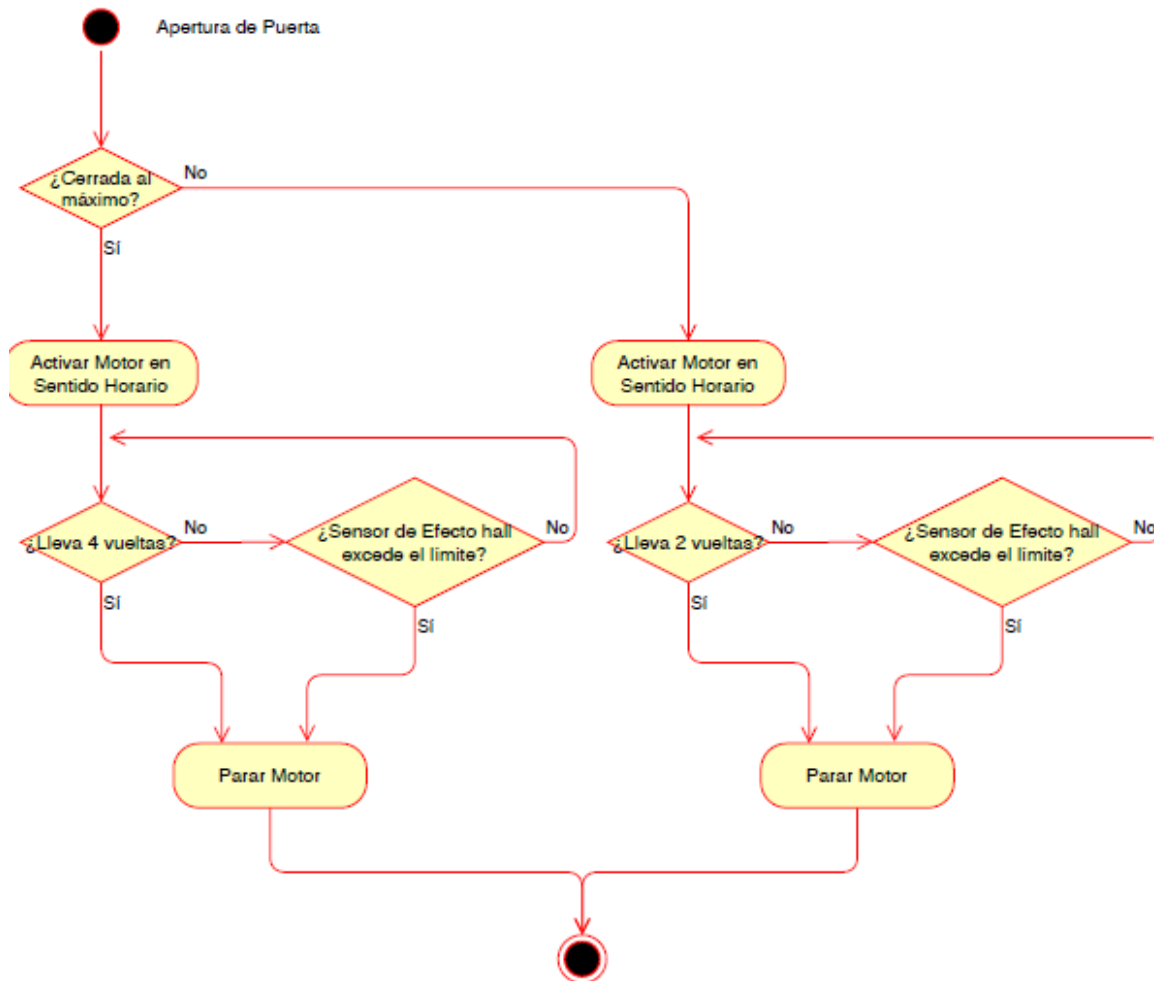


Ilustración 50: Diagrama Apertura del Motor (Elaboración Propia)

5.3.1. *Software Principal*

Para el desarrollo de este proyecto se ha escrito un código que englobe todo el funcionamiento del sistema, y ha sido compilado e insertado en la placa central diseñada en el apartado 5.1.5 Diseño electrónico del proyecto.

En este caso, al tener un ESP32-Wrover como microprocesador central, se ha procedido al desarrollo de un código con el Marco de Trabajo de Arduino, programando en el lenguaje Arduino, un lenguaje basado en un conjunto de funciones de C/C++ combinado.

Este software controla todo el sistema por lo que tiene que tener en cuenta todas las posibles variables y todos los casos que puedan pasar o en los que el sistema se pueda encontrar.

El código completo ha sido desarrollado por partes, y teniendo en cuenta ciertos conceptos. Uno de estos conceptos es el hecho de que el sistema no puede tener encendido a la vez el Bluetooth y el Wifi, por lo que el Wifi estará encendido siempre y cuando el reconocimiento facial esté en funcionamiento. El Bluetooth por otro lado se activará en el caso que el reconocimiento facial falle, en este caso también se desactivaría el Wifi.

El sistema al completo funciona de la siguiente forma:

Inicialmente, y prácticamente en todo momento, el sistema se encuentra en un Deep Sleep, para que el sistema gaste lo mínimo posible. En cuanto el sensor de movimiento que posee el sistema se active, detecte un movimiento muy cercano a la puerta, se activa el sistema, entrando en un modo al que se hará referencia como Modo 1. En este modo lo primero que hace el sistema es activar el Wifi y conectarse a la red que se le haya preasignado mediante el código. Si el sistema no es capaz de conectar al Wifi por la razón que fuere pasaría directamente al siguiente modo de funcionamiento, el Modo 2. Por otro lado, en el momento en el que dentro del Modo 1 el sistema se conecte a la red Wifi preestablecida comenzaría un proceso de escaneo de rostros a lo que encuentra frente a la cámara. El sistema inicialmente escanea el entorno y en el caso que se detecte un rostro se activa el software de reconocimiento facial proporcionado por Espressif Systems. Si reconoce el rostro, comprobando con los rostros que posee en una memoria SD, realiza la apertura de la puerta. En el caso de que no reconozca el rostro, toma una imagen del mismo y la sube a un servidor FTP privado adjuntado la hora en la que se tomó dicha imagen. En el momento que se supere el tiempo máximo de funcionamiento del Modo 1 o se supere el número máximo de

Desarrollo

intentos de reconocimiento facial el sistema entrará automáticamente en Modo 2, por un breve periodo de tiempo. En el caso de que la puerta se abriese correctamente no entraría en Modo 2 y saltaría directamente a Deep Sleep.

En este Modo 2, lo primero que haría el sistema es desactivar el Wifi y activar el Bluetooth. Hecho esto, el sistema estaría un tiempo preestablecido en este Modo antes de entrar en Deep Sleep. Para el caso de que el usuario desee abrir la puerta con este método necesitaría poseer una aplicación, explicada en el siguiente apartado, con la que podrá realizar la apertura de la puerta.

Todo el código interno en Arduino, se encuentra adjunto en el Anexo 3. (Programación).



Ilustración 51: Caso de Uso Habitual del Sistema (Elaboración Propia)

Desarrollo

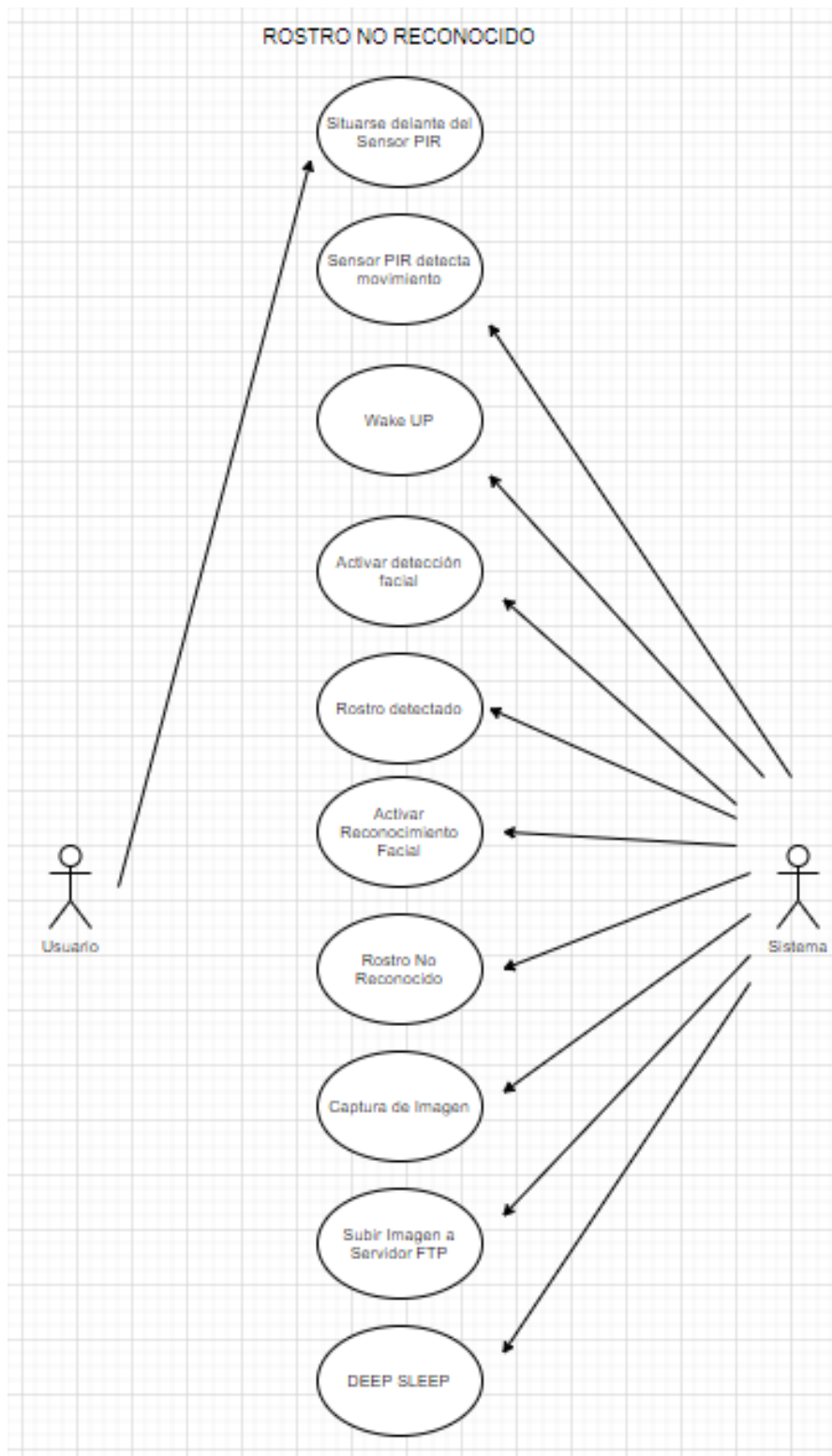


Ilustración 52: Casos de Uso Rostro No Reconocido (Elaboración Propia)

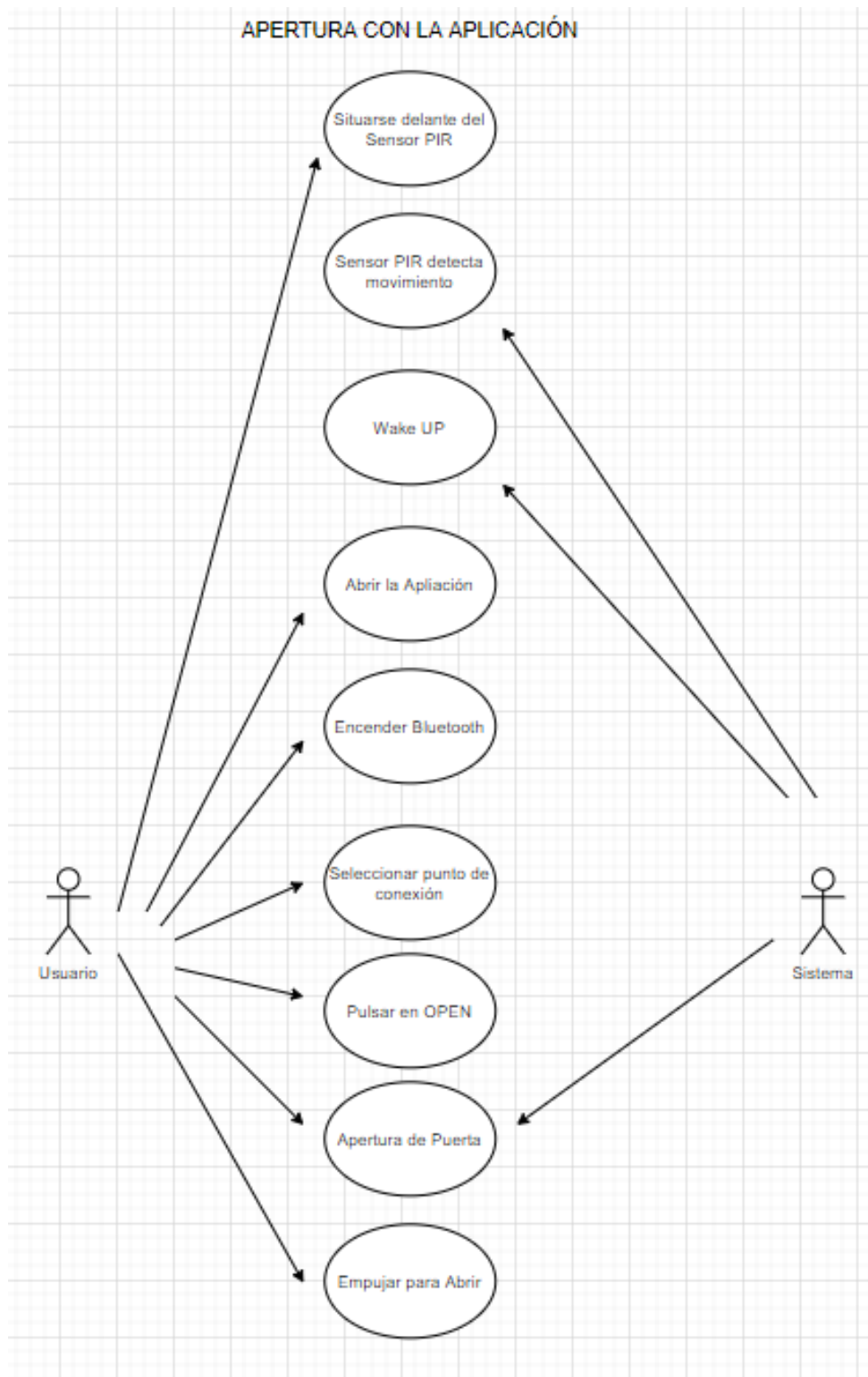


Ilustración 53: Caso de Uso Apertura con la Aplicación (Elaboración Propia)

Desarrollo

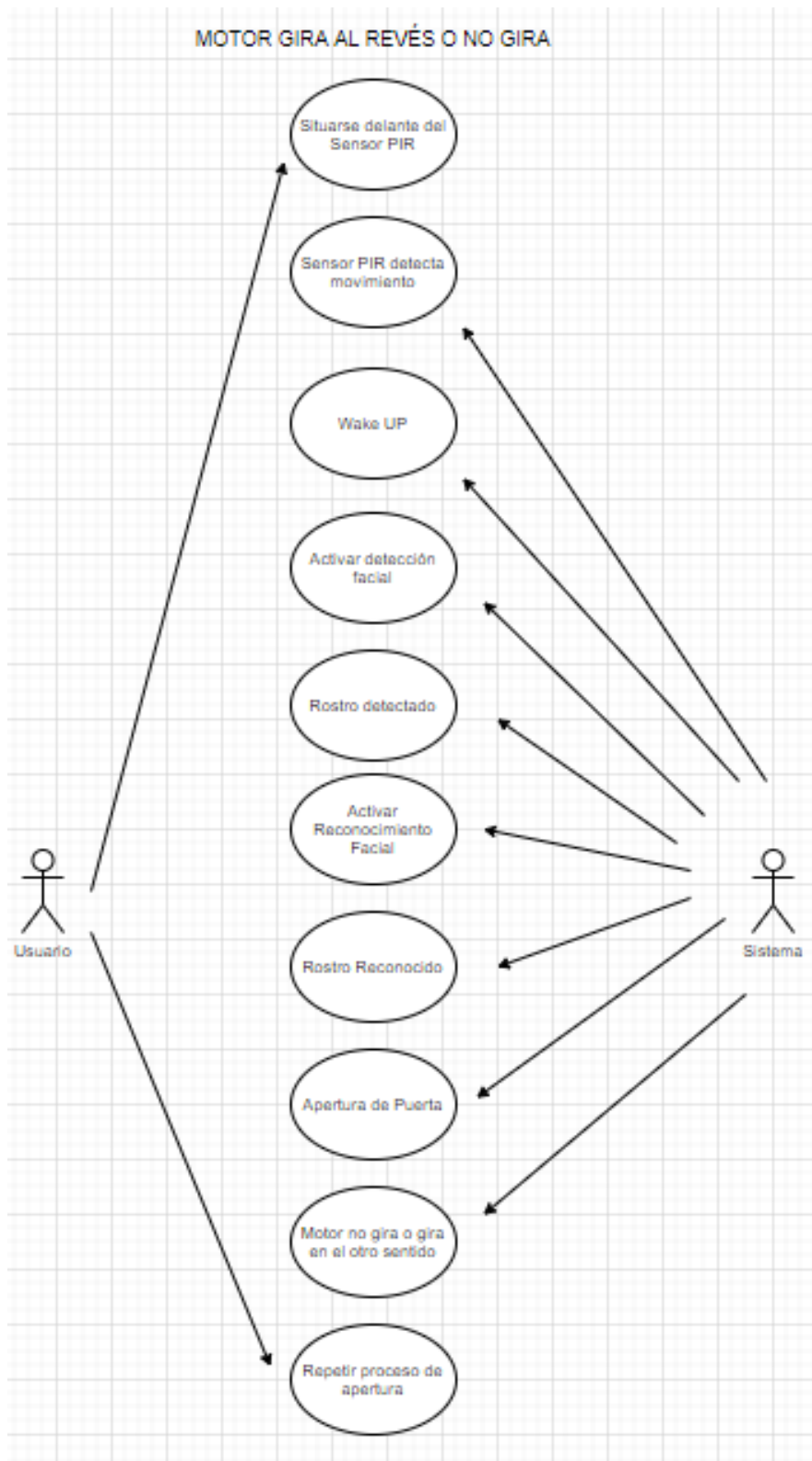


Ilustración 54: Caso de Uso Motor Giro Invertido o Sin Giro (Elaboración Propia)

5.3.2. Software Extra

En este apartado se hará mención a la aplicación diseñada para realizar la apertura de la puerta utilizando Bluetooth. Para ello se utilizó MIT App Inventor, una página en la que se facilita la creación de aplicaciones móviles a cualquier persona que no posea conocimientos avanzados en creación de aplicaciones, pero si un mínimo nivel lógico de programación. Esto último se refiere a que la aplicación está desarrollada por el método de programación más simple que existe, la programación por bloques.

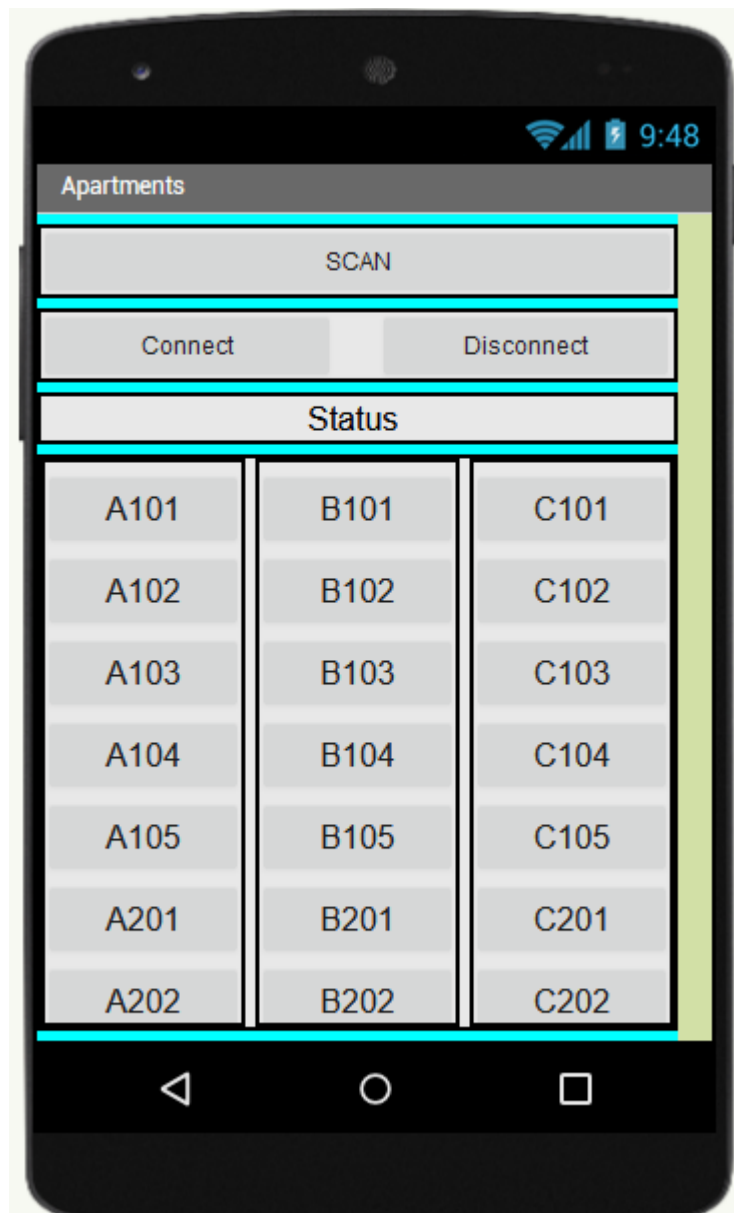


Ilustración 55. Aplicación Móvil Para Múltiple Vivienda (Elaboración Propia)

En la ilustración 20, podemos visualizar como se vería la aplicación desarrollada para este proyecto. La idea de esta aplicación estaba pensada inicialmente para entrar a un

Desarrollo

bloque de apartamentos, por si se tenía que poder acceder a más de una vivienda. En el caso de que solo se necesitase acceso a una vivienda se podría utilizar un modelo más simplificado de aplicación, como el de la siguiente Ilustración:

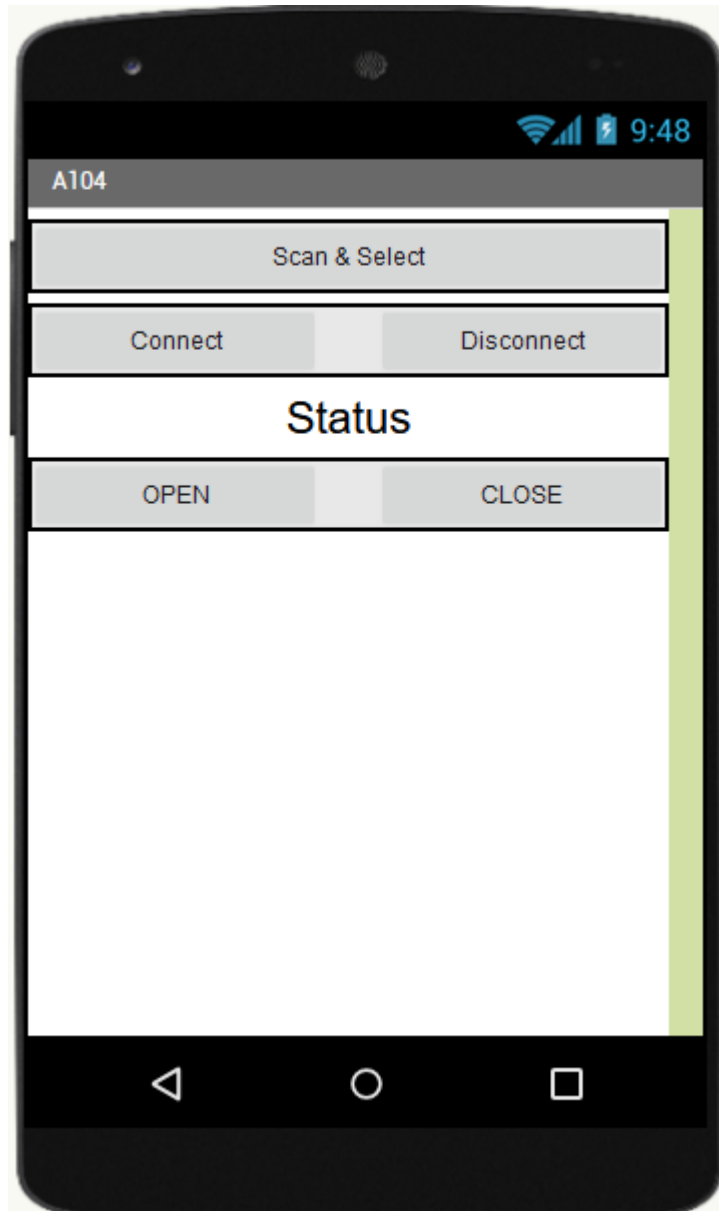


Ilustración 56. Aplicación Móvil Vivienda Única (Elaboración Propia)

En este caso tendríamos la misma aplicación solo que mucho más simplificada para que solo pudiese funcionar para una única vivienda. En ambos casos el funcionamiento sería similar. Inicialmente la aplicación te pide que tengas encendido el Bluetooth, dado que si no lo tienes no puede funcionar. A partir de ahí pulsando el Botón Scan de la Ilustración 20 o el Scan & Select de la Ilustración 21, el teléfono escaneará las conexiones Bluetooth cercanas para ver a qué se puede conectar exactamente, apareciendo en pantalla una lista de los distintos puntos de acceso Bluetooth

disponibles. En esa pantalla el usuario debe seleccionar el punto de acceso apropiado, el de la vivienda a la que desee entrar. Hecho esto pulsar el botón Connect, situado justo debajo del botón de escanear. Una vez clicado el teléfono intentará conectar con el sistema. En el momento en el que el sistema se conecte, desaparecerá la etiqueta Status de ambas ilustraciones, y aparecerá la etiqueta Connected. En el caso de que fallase al conectar aparecería un mensaje en pantalla especificando que la conexión ha fallado.

Una vez conectado solo falta pulsar el botón de OPEN, para la Aplicación de una sola vivienda, o en el caso que se esté utilizando la de multivivienda el usuario pulsaría la de la puerta que desee abrir. Hay que tener en cuenta que, si se utiliza la de multivivienda, cada vivienda dispone de un punto de acceso, y en el caso de que el usuario se conecte a otra vivienda no podrá abrir la que quiere.

Lo que hace el sistema en el momento de pulsar el botón de abrir es mandar un código alfanumérico al sistema, que este sistema comparará con el que posee gracias al código y en el caso de que sea el apropiado abrirá la puerta. Para el caso de la multivivienda, o si se quisiera implementar este sistema en un hotel, cada apartamento o habitación posee un código alfanumérico propio, que con la adaptación apropiada del código de este trabajo podría llegar a ser variable, para que fuese aplicable a hoteles. Dado el hecho de que el código es diferente en cada puerta, es por esto que el sistema no podrá realizar la apertura de la puerta en el multivivienda siempre y cuando no se conecte al punto de acceso Bluetooth apropiado.

El último botón que queda por explicar es el de CLOSE, en este caso, si se quisiera cerrar con pestillo al irse, porque no queda nadie en casa, o por la noche poner el pestillo, cosa que hacen muchas familias, simplemente utilizando la aplicación se podría cerrar con llave. El funcionamiento es similar al del botón OPEN, manda un código alfanumérico a la PCB, la cual al leerlo y ver que es el correcto hace girar el motor hasta cerrar la puerta del todo.

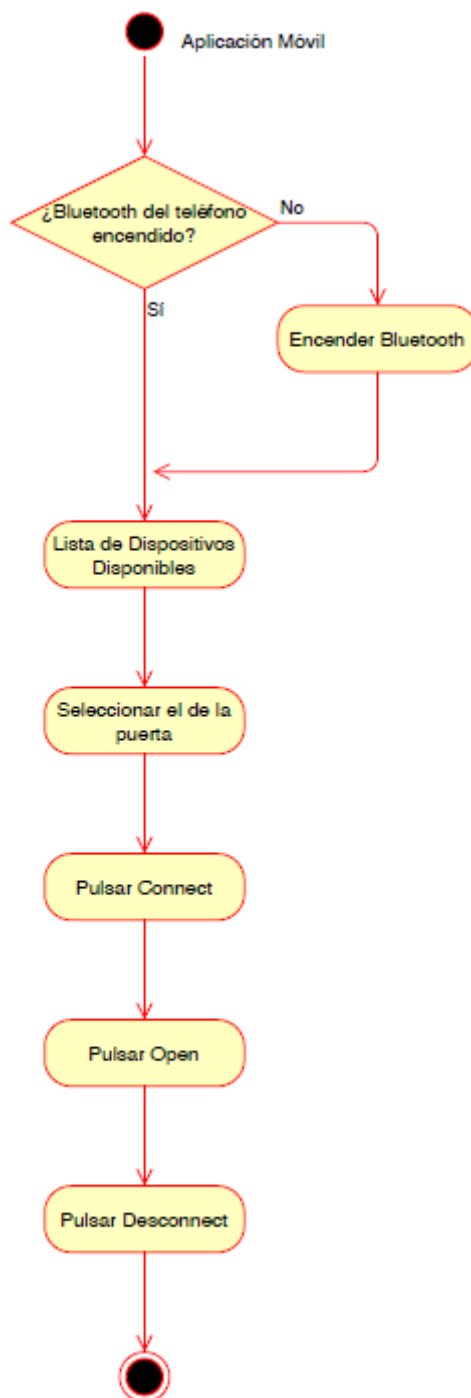


Ilustración 57: Funcionamiento Aplicación Móvil (Elaboración Propia)

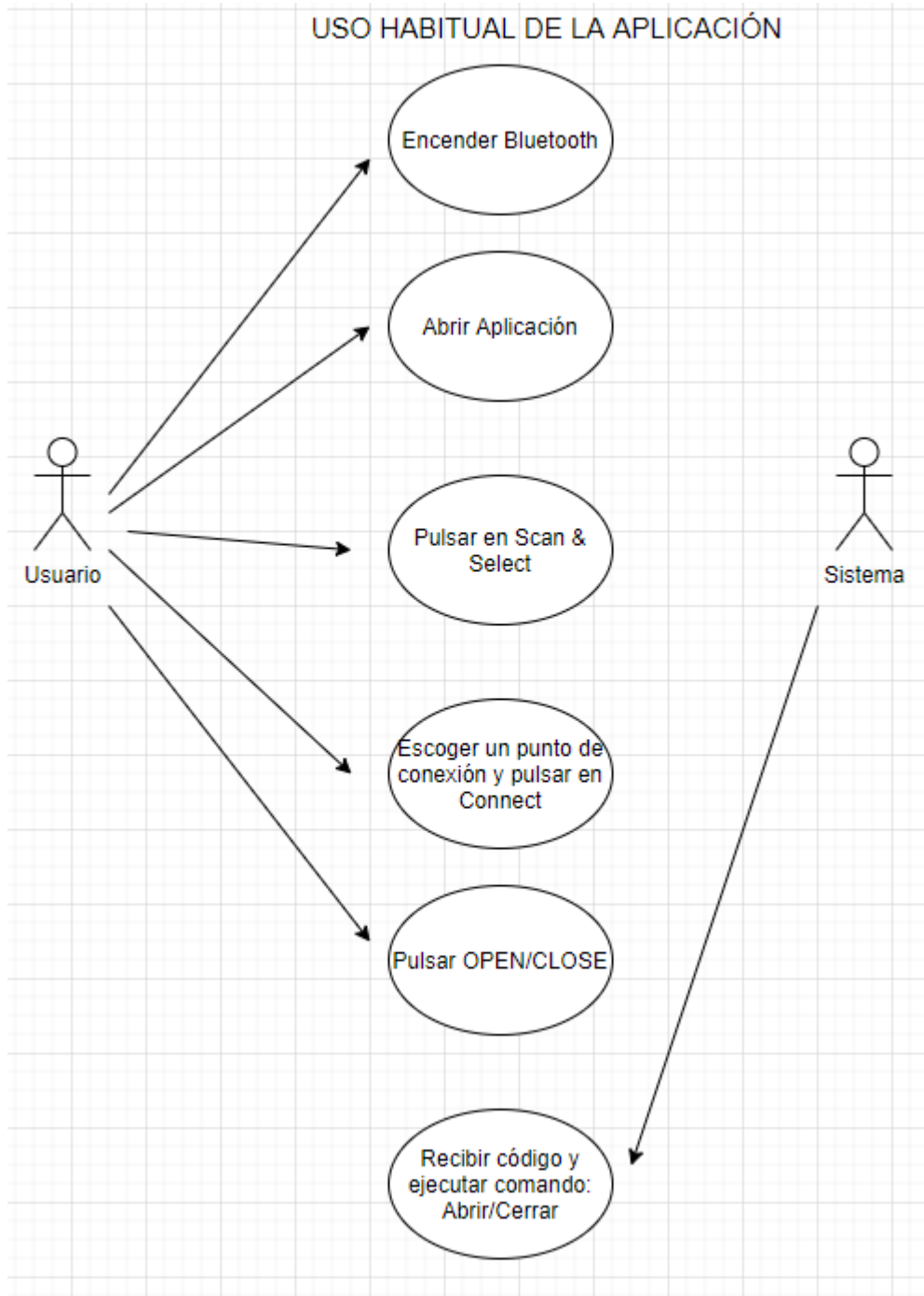


Ilustración 58: Caso de Uso Habitual de la Aplicación (Elaboración Propia)

Desarrollo

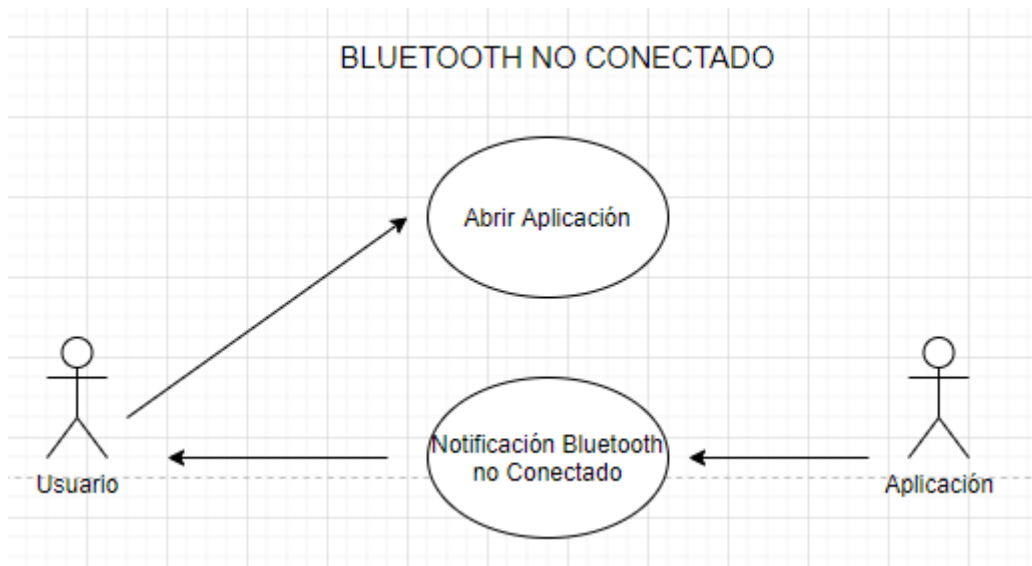


Ilustración 59: Caso de Uso Bluetooth No Conectado (Elaboración Propia)

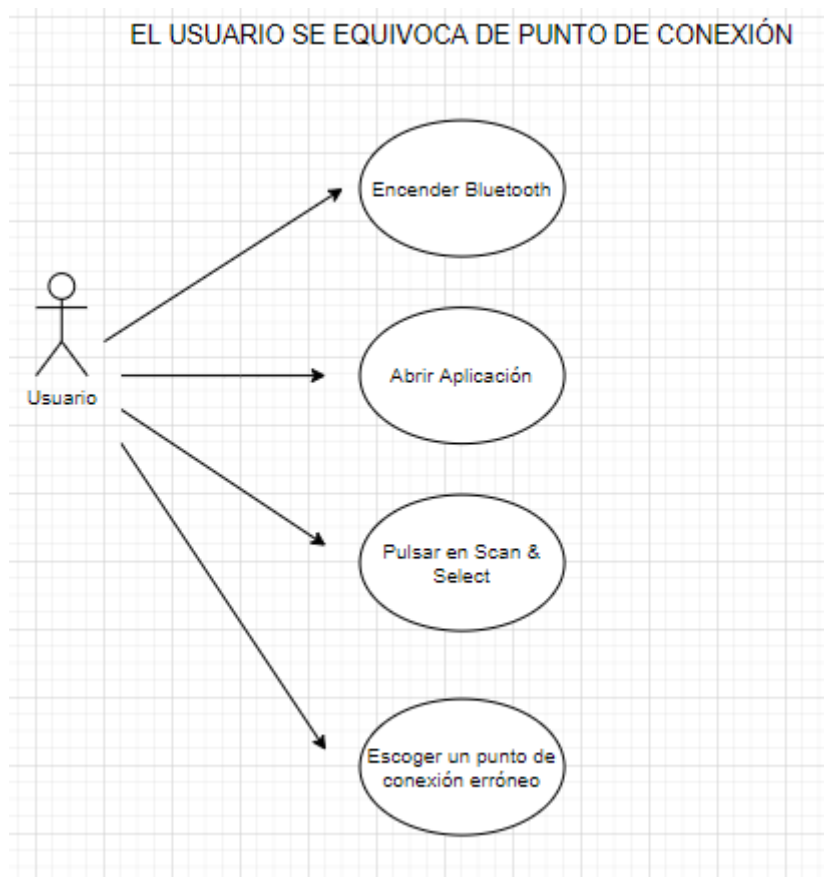


Ilustración 60: Casos de Uso el Usuario se equivoca de Punto de Conexión (Elaboración Propia)

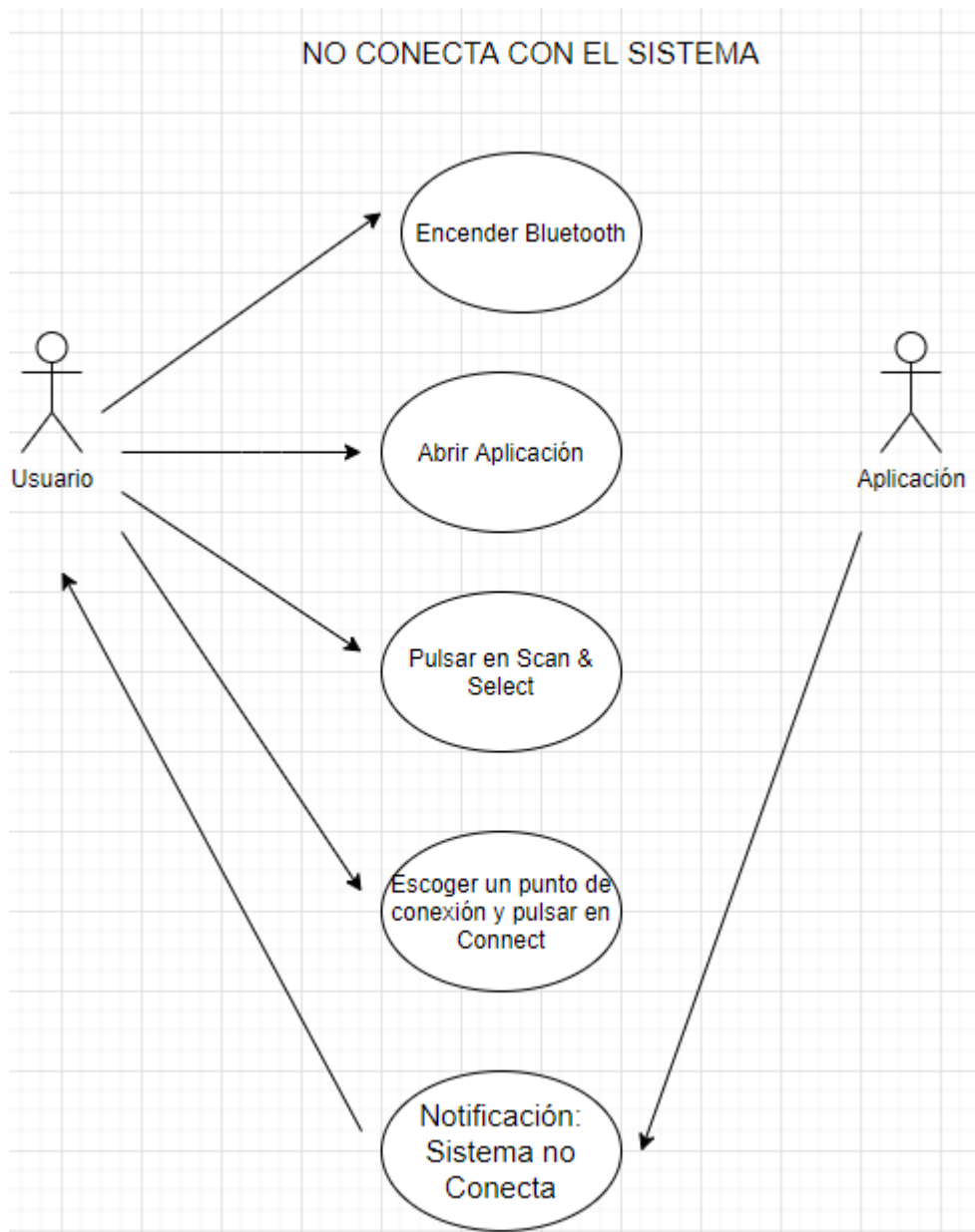


Ilustración 61: Caso de Uso No Conecta con el Sistema (Elaboración Propia)

Desarrollo

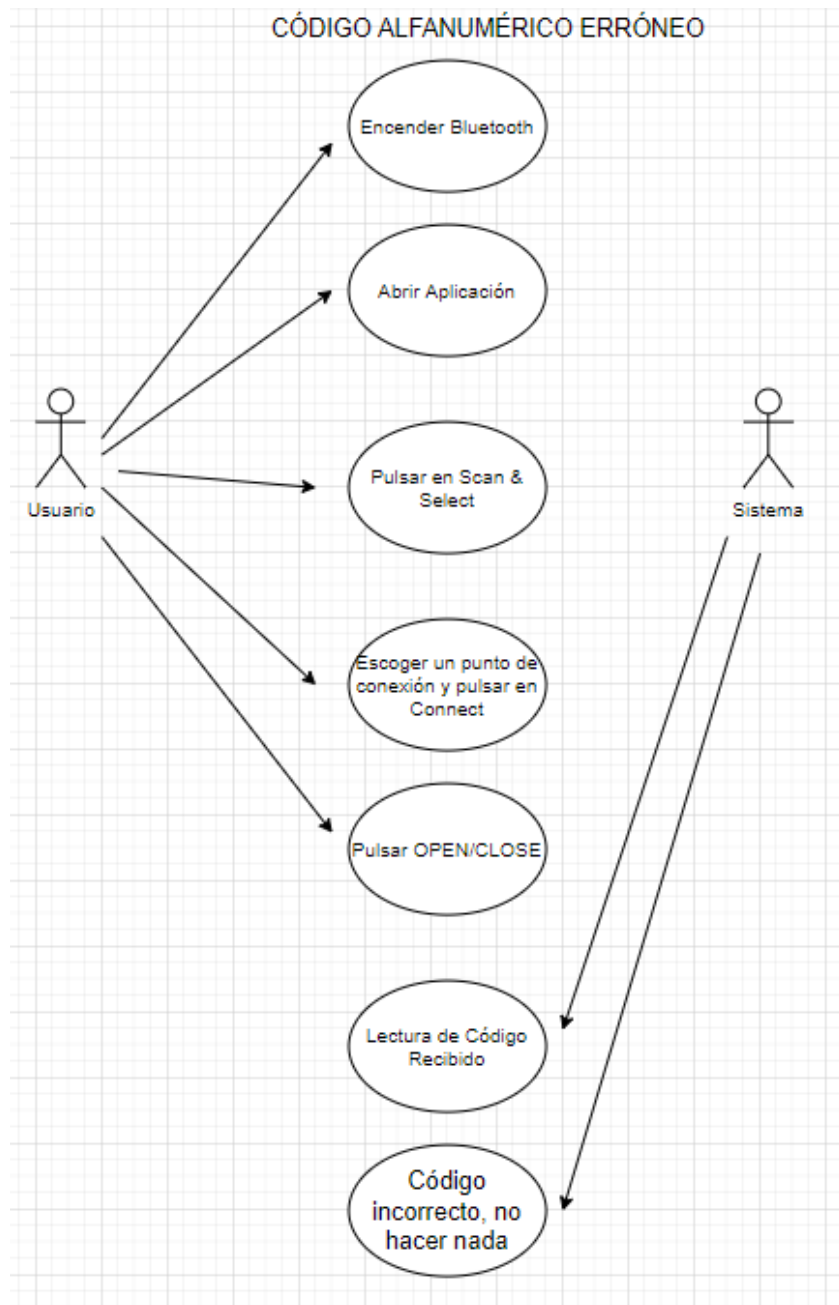


Ilustración 62: Caso de Uso Código Alfanumérico Erróneo (Elaboración Propia)

6. CONCLUSIONES

A lo largo de este Trabajo de Fin de Grado se ha pretendido investigar la posibilidad de crear un sistema alternativo de apertura de puertas convencionales. Para ello se ha dividido el objetivo principal en subobjetivos y se ha intentado cumplir todos y cada uno de ellos para poder completar el objetivo principal.

A pesar de la multitud de cerraduras y sistemas de apertura existentes a día de hoy, escasea enormemente la información acerca de estos y su funcionamiento. Lo mismo sucede con el reconocimiento facial y la información relativa a este campo.

No obstante, se ha cumplido el objetivo principal investigando y desarrollando un sistema alternativo de apertura de puertas, en este caso pensado para apartamentos, pero aplicable a cualquier otra puerta. Este objetivo se ha cumplido siguiendo unos pasos que han sido:

Inicialmente un pequeño estudio de las cerraduras y su mercado actual, los tipos de cerraduras existentes y su uso a día de hoy. En este estudio también se incluyen sistemas de cerraduras de última generación, como las cerraduras con huella, o con pin y su impacto en el mercado.

Posteriormente, se ha procedido a realizar una investigación sobre reconocimiento fácil dado que es un campo que hace décadas que existe pero que no ha sido explotado para los sistemas de apertura, tanto como se podría haber hecho.

Partiendo de estos dos puntos se ha procedido al cumplimiento del objetivo principal, el diseño de un sistema de apertura alternativo, en este caso se ha diseñado un sistema de acople para utilizar en las cerraduras más usadas actualmente, que consta de reconocimiento fácil y apertura bluetooth. Con todo esto se ha completado el objetivo principal de investigación y diseño del sistema de apertura alternativa.

El diseño de este proyecto se podría mejorar de múltiples formas, pero en todos los casos habría que rediseñarlo casi por completo para poder mejorarlo. Con algunas modificaciones se podría conseguir un sistema más robusto y más eficaz, cosa que, en este caso, y al ser un trabajo teórico, no se puede asegurar.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Ambo, J. (23 de 04 de 2019). *Cognex*. Obtenido de Cognex Web Site:
<https://www.cognex.com/es-es/what-is/machine-vision/what-is-machine-vision>
- Amigao. (09 de 12 de 2019). *Wikipedia*. Obtenido de Wikipedia:
https://en.wikipedia.org/wiki/Mass_surveillance_in_China
- Aqib, M. (18 de 04 de 2019). *Maker Pro*. Obtenido de Maker Pro Web Site:
<https://maker.pro/raspberry-pi/projects/how-to-create-a-facial-recognition-door-lock-with-raspberry-pi#>
- AWS. (08 de 07 de 2019). *Amazon*. Obtenido de Amazon Web Site:
<https://aws.amazon.com/es/rekognition/>
- AWS. (08 de 07 de 2019). *Amazon*. Obtenido de Amazon Web Site:
<https://aws.amazon.com/es/rekognition/videofeatures/?>
- AWS. (08 de 07 de 2019). *Amazon*. Obtenido de Amazon Web Site:
<https://aws.amazon.com/es/rekognition/imagefeatures/?>
- AWS. (08 de 07 de 2019). *Amazon*. Obtenido de Amazon Web Site:
<https://aws.amazon.com/es/rekognition/customers/?nc=sn&loc=8>
- B, R. P. (09 de 03 de 2020). *Amazon.com*. Obtenido de Amazon Web Site:
https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/71EPckcD8ZL._AC_SL1244_.jpg
- CerrajeroPRO. (19 de 11 de 2018). *Cerrajeros 24h Barcelona*. Obtenido de Cerrajeros 24h Barcelona: <https://www.cerrajeros-24h.barcelona/como-funcionan-las-cerraduras-electronicas/>
- CerrajerosMadrid. (13 de 11 de 2019). *Cerrajeros Urgentes Madrid*. Obtenido de Cerrajeros Urgentes Madrid: <https://cerrajerosurgentesmadrid24h.com/partes-una-cerradura-para-puerta/>
- Dreamstime. (15 de 03 de 2017). *Dreamstime*. Obtenido de Dreamstime Web Site:
<https://es.dreamstime.com/im%C3%A1genes-de-archivo-libres-de-regal%C3%ADas-llave-de-la-casa-image37406159>
- Dudley, L. (07 de 03 de 2020). *The Diplomat*. Obtenido de The Diplomat Web Site:
<https://thediplomat.com/2020/03/chinas-ubiquitous-facial-recognition-tech-sparks-privacy->

- Dwivedi. (26 de 07 de 2011). *DNS System*. Obtenido de DNS System Web Site: <https://www.dnssystem.com>.
- Dwivedi. (27 de 04 de 2018). *Towards Data Science*. Obtenido de Towards Data Science Web Site: <https://towardsdatascience.com/face-detection-for-beginnerse58e8f21aad9>
- ETI, C. (17 de 2 de 2018). *Etitudela*. Obtenido de Etitudela: <http://www.etitudela.com/celula/downloads/visionartificial.pdf>
- Núñez, S. A. (09 de 03 de 2016). *Universidad Carlos III Madrid*. Obtenido de Universidad Carlos III Madrid: <http://hdl.handle.net/10016/24215>
- OpenSource. (20 de 11 de 2018). *Open Source Hardware*. Obtenido de Open Source Hardware : data:image/jpeg;base64,/9j/4AAQSkZJRgABAQAAQABAAD/2wCEAAkGBw8QDw8ODw8NDw8PDQ8QDw4QDQ8PDxANFRUWFxYRFhYZHi8gGBolGxMVIT0iJSkrLi4uGB8zODMuNygtLjcBCgoKDg0OGhAQGi0IHR0rLS0tLS0tLS0tLSstNy8tLS0tLS0rLS0rLS0tKy0tKy8tLS0tLS0tLS0tLS0rLS0tLf/AABEIAMQBAGMBIgaACEQEDEQH/
- Qloudea. (17 de 05 de 2018). *Qloudea*. Obtenido de Qloudea Blog: <https://qloudea.com/blog/diferencia-entre-sais-offline-y-online/>
- Reeves, M. (21 de 07 de 2018). *michaelreeves.us*. Obtenido de Michael Reeves Youtube Channel: <https://www.youtube.com/watch?v=Q8QINuTUE4M&feature=youtu.be>
- RobotZeroOne. (11 de 09 de 2019). *Robot Zero One*. Obtenido de Robot Zero One Web Site: <https://robotzero.one/access-control-with-face-recognition/>
- SA, P. F. (13 de 06 de 2017). *Punto Flotante SA*. Obtenido de Punto Flotante SA Web Site: <https://puntoflotante.net/MANUAL-DEL-USUARIO-SENSOR-DE-MOVIMIENTO-PIR-HC-SR501.pdf>
- Shed, S. (05 de 12 de 2019). *BBC*. Obtenido de BBC Web Site: <https://www.bbc.com/news/technology->
- Thinker, A. (21 de 06 de 2019). *Ai Thinker*. Obtenido de Ai Thinker Web Site: https://naylampmechatronics.com/2479-thickbox_default/esp32-cam-con-camara-ov2640-esp32-wifi.jpg
- UnaCasaDiferente. (04 de 02 de 2020). *Una Casa Diferente*. Obtenido de Una Casa Diferente Blog: <http://unacasadiferente.com/tipos-cerraduras-llaves/>
- Vargas, J. S. (20 de 06 de 2019). *Blog Santiago Vargas*. Obtenido de Blog Santiago Vargas: <https://blog.santiagovargas.es/tipos-de-cerraduras/>



Bibliografía

Writer. (19 de 12 de 2016). *Techwalla*. Obtenido de Techwalla Web Site:
<https://www.techwalla.com/articles/sd-card-work>



Relación de documentos

| | | |
|---|-----|---------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Memoria | 85 | páginas |
| <input type="checkbox"/> Anexos | 528 | páginas |

La Almunia, a 22 de 09 de 2020

Firmado: Luis Arbós Gómez



**Escuela Universitaria
Politécnica - La Almunia**
Centro adscrito
Universidad Zaragoza

Nº TFG:
424.19.16

Director:

Fdo:
Javier Esteban
Escaño

Título TFG:

**Sistema de seguridad con reconocimiento facial
aplicado al acceso a un bloque de apartamentos**

Autor:

Luis Arbós Gómez

22/09/2020



**Escuela Universitaria
Politécnica - La Almunia**
Centro adscrito
Universidad Zaragoza

Nº TFG:
424.19.16

Director:

Fdo:
Javier Esteban
Escaño

Título TFG:

**Sistema de seguridad con reconocimiento facial
aplicado al acceso a un bloque de apartamentos**

Autor:

Luis Arbós Gómez

22/09/2020



**Escuela Universitaria
Politécnica - La Almunia**
Centro adscrito
Universidad Zaragoza

**ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA
DE LA ALMUNIA DE DOÑA GODINA (ZARAGOZA)**

Sistema de seguridad con reconocimiento
facial aplicado al acceso a un bloque de
apartamentos

Security system based on facial
recognition for access to apartment
building

424.19.16

Autor: Luis Arbós Gómez
Director: Javier Esteban Escaño
Fecha: 22/09/2020

