



UNIVERSIDAD DE BURGOS
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
Grado en Ingeniería Informática



TFG del Grado en Ingeniería
Informática

Sistema Domótico Inteligente



Presentado por David Colmenero Guerra
en Universidad de Burgos — 4 de noviembre
de 2020

Tutor: Álvaro Arnaiz-González



UNIVERSIDAD DE BURGOS
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
Grado en Ingeniería Informática



D.Álvar Arnaiz-González, profesor del departamento de área de Lenguajes y Sistemas Informáticos.

Expone:

Que el alumno D. David Colmenero Guerra, con DNI 02287122W, ha realizado el Trabajo final de Grado en Ingeniería Informática titulado título de TFG.

Y que dicho trabajo ha sido realizado por el alumno bajo la dirección del que suscribe, en virtud de lo cual se autoriza su presentación y defensa.

En Burgos, 4 de noviembre de 2020

Vº. Bº. del Tutor:

Vº. Bº. del co-tutor:

D. Arnaiz-González, Álvaro

D. Merino Gómez, Alejandro

Resumen

El proyecto pretende integrar diversas tecnologías para confeccionar una solución domótica generalista. Es decir, se pretende publicar un producto final que pueda ser utilizado por quien lo desee para confeccionar su propio sistema domótico básico dentro de su domicilio y, para ello, se ha desarrollado un código completamente comentado así como vídeos explicativos para su correcta comprensión.

En el proyecto se incluye la documentación que se debe consultar antes de realizar cualquier tipo de instalación de telecomunicaciones o eléctrica en el ámbito doméstico pese a que, finalmente, el proyecto se basa en el REBT¹. Esta documentación es la necesaria para implementar este proyecto de forma profesional por una empresa.

El proyecto se ha confeccionado en varias fases bien diferenciadas. El proyecto ha sido un desarrollo continuo desde las primeras tomas de contacto y búsqueda de ideas en otros proyectos y soluciones, pasando por todo el estudio y compra de materiales así como la instalación física y puesta en producción junto a un sistema desarrollado mediante una API de Telegram para que podamos interactuar con nuestro sistema domótico en todo momento.



Descriptores

Android, Raspberry Pi, GPIO, REBT, ICT, Autónomo, Sistema Domótico, Linux, Bot, Telegram, energético, Python, relé, Bash scripting...

¹Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión

Abstract

The project aims to integrate various technologies to make a general home automation solution. That is to say, it is intended to publish a final product that can be used by whoever wishes to make their own basic home automation system within their home and, for this, a fully commented code has been developed as well as explanatory videos for their correct understanding.

The project includes the documentation that must be consulted before carrying out any type of telecommunications or electrical installation in the domestic sphere, despite the fact that, finally, the project is based on the REBT. This documentation is necessary to implement this project professionally by a company.

The project has been made in several distinct phases. The project has been a continuous development from the first contact and search for ideas in other projects and solutions, through the study and purchase of materials as well as the physical installation and putting into production together with a system developed through an API of Telegram so that we can interact with our home automation system at all times. [1]

Descriptors

Android, Raspberry Pi, GPIO, REBT, ICT, Standalone, Domotic System, Linux, Bot, Telegram, energetic, Python, relay, Bash scripting
...

Índice general

Índice general	III
Índice de figuras	v
Índice de tablas	VI
Introducción	1
Objetivos del proyecto	3
2.1. Objetivos funcionales	3
2.2. Objetivos técnicos	3
2.3. Objetivos personales	4
Conceptos teóricos	7
3.1. Domótica	7
3.2. RaspberryPi	7
3.3. GPIO	8
3.4. Relé	8
3.5. Distribución Linux (Raspbian)	9
3.6. Web Scraping	9
3.7. API	9
3.8. json	9
3.9. RETB	10
3.10. Normativa de ICT	10
3.11. Cableado estructurado	11
3.12. WiFi	11
3.13. UTP	11

3.14. Placa de Pruebas o ProtoBoard	13
3.15. Router	14
Técnicas y herramientas	17
4.1. Secciones	17
4.2. Referencias	18
4.3. Imágenes	18
4.4. Listas de items	19
4.5. Tablas	20
Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto	21
Trabajos relacionados	23
Conclusiones y Líneas de trabajo futuras	25
Bibliografía	27

Índice de figuras

3.1. Especificaciones de Raspberry Pi 2B. Imagen de https://raspberryparatorpes.net modificada por mí, ambas bajo licencia Creative Commons https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.es_ES	8
3.2. Bobina UTP con muestra del mismo con corte de camisa exterior. Imagen de https://solarmat.es bajo licencia Creative Commons https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.es_ES	12
3.3. Diagrama de muestra de cable UTP	12
3.4. Diagrama de muestra de cable UTP	13
3.5. Diagrama de muestra de cable UTP	13
3.6. Imagen de una placa «protoboard».	14
3.7. Dibujo informativo de como será la instalación física.	15
4.8. Autómata para una expresión vacía	19

Índice de tablas

4.1. Herramientas y tecnologías utilizadas en cada parte del proyecto	20
---	----

Introducción

El concepto de domótica se acuñó para poder denominar a aquellos sistemas que disponen de la capacidad de automatizar elementos de una vivienda aportando confort, seguridad, mejoras energéticas, etc.

El término procede de la unión de dos palabras:

- Domo, procedente del griego «domus», que significa casa, vivienda.
- Por otra parte, 'tica' procede de automática, cuyo significado es que dispone de la capacidad para realizar tareas por sí solo.

Formando una palabra cuyo significado aúna los términos de casa y automático.

Pese a conformarse el término de domótica en el año 1984, ésta aún es una gran desconocida, aunque se van introduciendo pequeños elementos automatizables como pueden ser las famosas bombillas que podemos encender o apagar desde diferentes plataformas.

Al carecer de movilidad fruto de la pandemia del COVID19 nos vemos en la necesidad de que nuestras viviendas dispongan de algún elemento de seguridad a un precio razonable, como puede ser un sistema que simule nuestra presencia en la vivienda para intentar evitar posibles percances, aumentando la sensación de confort.

Por otro lado, el que las persianas estén automatizadas generará un evidente ahorro energético tanto en invierno como en verano al hacer de pantalla térmica exterior.

Hay quien opta por opciones tradicionales de seguridad como el blindaje del domicilio para impedir el acceso o contratar a una empresa externa para

que monitorice el domicilio. Los sistemas domóticos que desarrollaremos pretenden ser elementos complementarios.

Nuestro simulador de presencia funcionará de forma autónoma interactuando con persianas y luces desde una máquina Raspberry Pi mediante relés. De esta forma la vivienda parece  ocupada de forma que ahuyentamos a potenciales delincuentes.

Por otro lado, dispondremos de un estudio diario de la temperatura con la que podremos programar la calefacción.

Además, este sistema domótico es fácilmente escalable con sistemas de acceso a la vivienda, telefonía IP, música, calefacción, telefonillo IP, etc.

Es un campo que me resulta muy atractivo ya que cubre un conjunto de necesidades generales dentro de los domicilios, a un bajo coste y con relativa sencillez a la hora de implantarlo, lo cual hace que pueda llegar a un gran número de hogares.

Objetivos del proyecto

Con este proyecto se pretende crear un sistema domótico automatizado que nos permita aumentar la seguridad y la sensación de confort y bienestar dentro de nuestros domicilios.

Para ello debemos alcanzar algunos objetivos funcionales mínimos.

2.1. Objetivos funcionales

- El sistema debe ser capaz de extraer información de Internet ya sea vía API o web scrapping.
- Debe poderse conectar a distintas instalaciones para poder tomar decisiones sobre éstas de una forma parametrizada.
- El usuario podrá interactuar con la máquina cuando lo desee.
- La instalación se podrá realizar con material corriente de fácil acceso.

2.2. Objetivos técnicos

- El sistema domótico funcionará de forma autónoma para que no interfiera en la vida diaria del inquilino y consiga facilitarle el día a día. 
- Poder controlar elementos eléctricos desde la interfaz GPIO².

²General Purpose Input/Output, que significa «Entrada/Salida de Propósito General»

- Debe ser un proyecto de bajo coste y asequible para que pueda llegar al mayor número de viviendas posible aumentando el beneficio social.
- Debe disponer de un Sistema Operativo GNU como puede ser una distribución de Linux. En nuestro caso utilizaremos Raspbian.
- Posibilidad de interacción multiplataforma para aumentar la flexibilidad a la hora de interactuar con los equipos.
- También, debe ser fácilmente escalable para permitir la posibilidad de continuar con el desarrollo.
- Se pretende conseguir también un notable ahorro energético real que repercuta en el bolsillo de quien instale el sistema ~~como~~ ayudar a combatir el cambio climático consumiendo de una manera autónoma y responsable conforme a los parámetros del domicilio haciendo de éste un entorno más eficiente. Por ello, podremos controlar el encendido de la calefacción.
- Utilizar Git y Github como sistema de control de versiones, de Zenhub como herramienta de gestión de proyectos y Atom para trabajar con el control de versiones.
- Utilización de Frizking para realizar los diseños electrónicos de la instalación.
- Utilización de www.draw.io para realizar los diseños de la instalación.
- Tratamiento de datos utilizando lenguaje Python.
- Utilización de diferentes APIs para obtener datos.
- Correcto conectorizado electrónico de todos los elementos según RETB.

2.3. Objetivos personales

- Comprender la composición de un sistema domótico y aplicarlo.
- Desarrollar un sistema domótico con cierta complejidad y autonomía más allá de subir o bajar persianas o encender y apagar luces de forma programada.
- Obtener conocimientos sobre trabajo con json desde Python.

- Obtener conocimientos de web scraping para extraer datos correctamente de la web.
- Aprender a controlar elementos eléctricos desde una Raspberry Pi.
- Aprender a utilizar una Raspberry Pi para fines domóticos utilizando GPIO.
- Poner en práctica conocimientos de cableado estructurado y REBT.
- Profundizar mis conocimientos sobre Linux.
- Poder aportar un dispositivo útil a la sociedad.

Conceptos teóricos

Este punto nace ante la necesidad de enmarcar el proyecto dentro de las tecnologías y elementos que utilizaremos durante todo el proyecto y que no tienen por qué conocerse.

El término ‘domótica’ es el pilar principal del proyecto y, por ello, comenzaré explicando lo que es y cómo lo enfocaremos:

3.1. Domótica

La domótica podemos definirla como aquel conjunto de elementos capaces de automatizar una vivienda aportando un beneficio. En nuestro caso, nuestro sistema domótico deberá controlar luces, persianas y calefacción permitiendo un aumento del confort y la seguridad, además de permitir un consumo eficiente de recursos a la hora de climatizar la vivienda.

3.2. RaspberryPi

En nuestro proyecto tendremos el control de la instalación domótica desde una Raspberry Pi. Para dar un enfoque muy general, podemos decir que las placas RaspberryPi son microordenadores que disponen de poca potencia si las comparamos con equipos usuales, pero disponen de suficiente potencia para llevar a cabo este tipo de proyectos.

Se diseñaron en su origen por la RaspBerry Pi Foundation en el Reino Unido para dotar de equipos informáticos a los centros de estudios a un bajo coste, pero el proyecto ha evolucionado para poder desarrollar, además, otras muchas tareas como puede ser nuestro caso, que la utilizaremos como

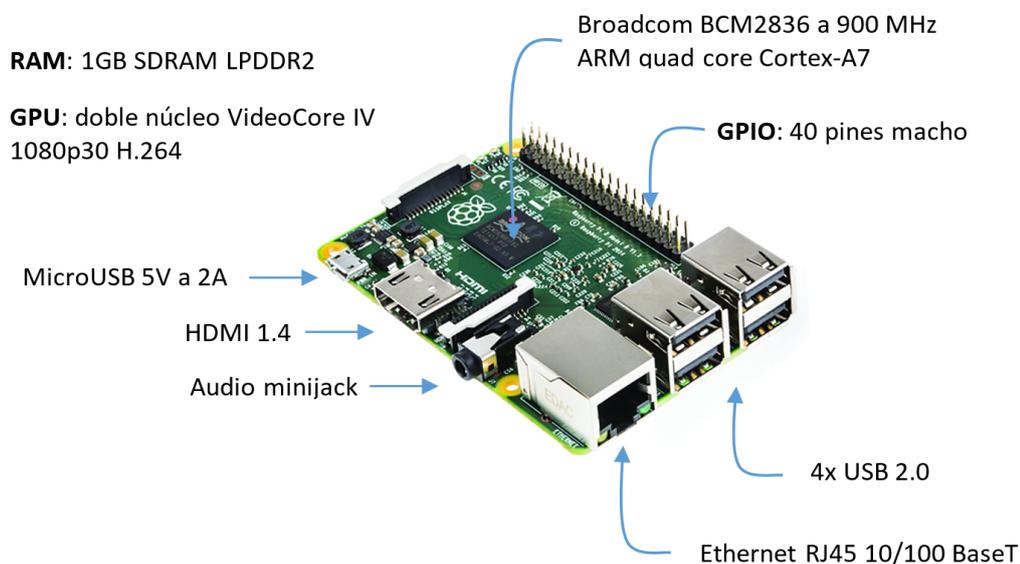


Figura 3.1: Especificaciones de Raspberry Pi 2B. Imagen de <https://raspberryparatorpes.net> modificada por mí, ambas bajo licencia Creative Commons https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.es_ES

‘núcleo’ de toda nuestra instalación domótica y, será donde configuremos todo el entorno domótico de la vivienda. Estas placas pueden ejecutar con agilidad distribuciones Linux y, desde sus distribuciones podemos interactuar con sus famosos “GPIO”, ver imagen 3.1

3.3. GPIO

Éstos son unos puertos de entrada y salida conformados en forma de pines que están albergados en la placa, con los que enviaremos órdenes a otros dispositivos externos para que realicen las tareas que les designemos. En nuestro caso, servirán para controlar unos relés para conseguir una acción final.

3.4. Relé

Es un dispositivo electromagnético que desempeña la misma función de un interruptor, es decir, con nuestros relés, dejaremos pasar la energía eléctrica, o no, a nuestros dispositivos.

3.5. Distribución Linux (Raspbian)

Como he comentado anteriormente, pretendo correr una distribución Linux en nuestro microPc. Las placas Raspberry Pi disponen de unas distribuciones de Linux desarrolladas expresamente para su hardware desde la Raspberry Pi Foundation. De esta manera conseguimos que el entorno esté diseñado para el hardware donde será ejecutado incluyendo, además, utilidades preinstaladas para explotarlas más fácil y eficientemente.

3.6. Web Scraping

Es una técnica utilizada para extraer información de una página web utilizando las etiquetas de que dispone para movernos por los elementos de ésta. En nuestro caso, podremos utilizarlo desde Python con beautifulsoup siempre que necesitemos obtener información de una página web.

3.7. API

Es el acrónimo de ‘Application Programming Interfaces’ que, traducido al castellano significa ‘Interfaz de Programación de Aplicaciones’. Estas interfaces nos sirven información que podremos utilizar en un desarrollo. Por ejemplo, para obtener la ubicación de la máquina Raspberry Pi accedemos a una API pública que nos devolverá información que podremos procesar a nuestro gusto. Podemos acceder a una URL como esta `http://ip-api.com/json/?fields=country,regionName,city,lat,lon,isp,query` y obtendremos los valores de país, región, ciudad, latitud, longitud, ISP y dirección IP. Estos valores, podremos recogerlos con beautifulsoup y procesarlos desde Python como json.

3.8. json

Es el acrónimo en inglés de ‘JavaScript Object Notation’ y sirve para almacenar información de forma estructurada mediante etiquetas «key» y etiquetas «value» del siguiente modo:

```
{  
  "country": "Spain",  
  "regionName": "Madrid",  
  "city": "Getafe",  
}
```

En ella, podemos ver que las etiquetas «key» son las que están a la izquierda de los dos puntos y las etiquetas de la derecha son las «value».

3.9. RETB

Es el acrónimo de Reglamento electrotécnico para baja tensión y en él se recoge la normativa eléctrica aplicable en domicilios. Esta norma acaba de ser actualizada y podemos disponer de la información en páginas oficiales como puede ser el BOE³. Del documento ICT-BT-21⁴ podemos extraer información para realizar las instalaciones eléctricas de nuestro sistema domótico como el número máximo de cables a introducir por un tubo eléctrico.

3.10. Normativa de ICT

Como figura en el BOE 143, de 16 de junio de 2011: “El Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones, aprobado por el Real Decreto 346/2011, de 11 de marzo. Debemos regirnos por esta normativa a la hora de hacer cualquier instalación de comunicaciones nueva dentro de domicilios. Podemos informarnos y ampliar información en la publicación del BOE⁵.

Por otro lado, disponemos de guías para instaladores con dibujos y tablas que facilitan la comprensión, como puede ser la documentación que publica Televés⁶

De este punto, obtendremos la norma para introducir cableado ICT conforme a norma.

Tras hacer un estudio en mi domicilio, no necesitaré utilizar la normativa de ICT porque toda la instalación se realizará mediante canales eléctricos, pero está bien conocer la norma para, en caso de necesitarla, poder hacer uso de ella correctamente.

³https://www.boe.es/biblioteca_juridica/codigos/abrir_pdf.php?fich=326_Reglamento_electrotecnico_para_baja_tension_e_ITC.pdf

⁴http://eschoform.educarex.es/useruploads/r/c/886/scorm_imported/88234455166233572664/media/guia_bt_21.pdf

⁵<https://www.boe.es/buscar/pdf/2011/BOE-A-2011-10457-consolidado.pdf>

⁶https://docs.televes.com/web/Legislacion/m_ict2_3ed_reglamento_0.pdf

3.11. Cableado estructurado

El establecimiento de un sistema de cableado estructurado consiste en la organización de los cables en un recinto conforme a una norma y constituye el nivel básico de cualquier red de comunicaciones. Al contar y cumplir con este estándar nos damos cuenta de que tendremos instalaciones limpias, uniformes, seguras y escalables, facilitando la supervisión, el mantenimiento y posibles migraciones de tecnologías. Un sistema de cableado genérico dispone de tres subsistemas, Troncal, de Edificio y Horizontal. En nuestro proyecto únicamente trataremos con el subsistema horizontal.

En este proyecto no contaremos con un gran número de cables, pero no está de más realizar una instalación lo más correctamente posible con unas normas de referencia

3.12. WiFi

Es una tecnología de comunicaciones de forma inalámbrica o “Wireless”. WiFi⁷ es el acrónimo traducido de “Fidelidad Inalámbrica”. Estas tecnologías inalámbricas se rigen por la norma IEEE 802.11.

Podemos revisar la normativa vigente al respecto en el propio IEEE⁸ En este enlace podremos comprobar qué estándares dentro del 802.11 están vigentes y cuáles no.

3.13. UTP

Es un tipo de cableado de datos que se compone de 4 pares de cables sin apantallar que están albergados dentro de una camisa de PVC, ver imagen 3.2



Existen diferentes tipos de cables de datos: UTP, STP, FTP:

- Los cables **UTP** no disponen de protección ante interferencias electromagnéticas. Ver imagen 3.3
- Los cables **FTP** disponen de una pantalla global contra interferencias electromagnéticas dentro de la camisa de PVC que recoge los 4 pares destinados a transmisión de datos. Ver imagen 3.4

⁷Traducción del inglés: ‘Wireless Fidelity’

⁸https://standards.ieee.org/standard/802_11-2016.html



Figura 3.2: Bobina UTP con muestra del mismo con corte de camisa exterior. Imagen de <https://solarmat.es> bajo licencia Creative Commons https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.es_ES

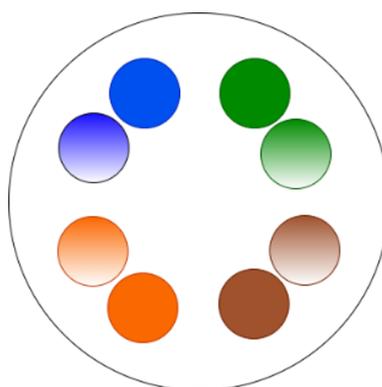


Figura 3.3: Diagrama de muestra de cable UTP

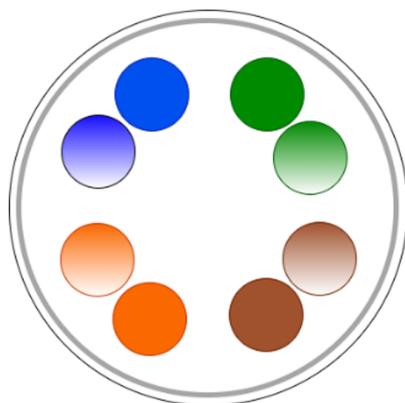


Figura 3.4: Diagrama de muestra de cable UTP

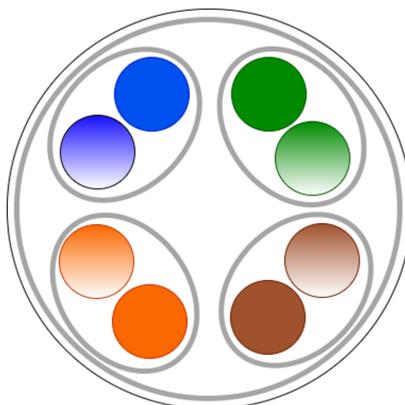


Figura 3.5: Diagrama de muestra de cable UTP



- Los cables **STP** disponen de una pantalla contra interferencias electromagnéticas por cada par de cables pero, además, también cuentan con una malla metálica exterior. Ver imagen 3.5

En nuestro caso utilizaremos UTP puesto que no necesitamos un apantallamiento ya que no transmitiremos datos y tampoco tendremos un alto grado de interferencias.

3.14. Placa de Pruebas o ProtoBoard

Es un tablero electrónico para realizar pruebas. ProtoBoard es la agrupación de los términos ingleses “prototype board”. Esta protoBoard la he instalado para poder hacer fácilmente el interconexión entre

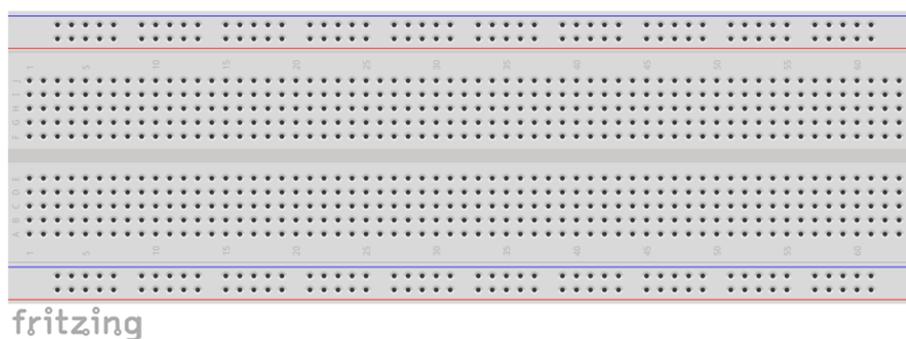


Figura 3.6: Imagen de una placa «protoboard».

los cables que llegan de los relés y los que van a la Raspberry Pi, evitando posibles tirones y movimiento de cables a la hora de hacer alguna manipulación.

Éstas, disponen de tres zonas diferenciadas(Ver imagen 3.6):

- **Canal Central:** Está situada en el medio de la placa y es donde se colocan los circuitos.
- **Buses:** Se sitúan en los extremos de la placa y disponen de dos líneas:
- **Línea roja:** Bus positivo o de voltaje. 
- **Línea azul:** Bus negativo o de tierra.
- **Pistas:** Se sitúan en la zona central de la placa y, conducen en sentido contrario de las líneas rojas y azul.

3.15. Router

Es un dispositivo que nos permite interconectar diferentes redes de datos. En mi caso dispongo de un router con WiFi integrado para poder dotar a la Raspberry Pi de salida a Internet. ~~Al principio, estuve valorando la opción de ‘tirar’ un cable de datos desde la primera caja de derivación después del Cuadro General de Mando y Protección o Cuadro eléctrico, hasta el RTR (Registro Terminación de Red) que es donde tengo la línea de datos más cercana, pero en único tubo que comunica es de naturaleza eléctrica y no está bien mezclar tipos de instalaciones.~~ 

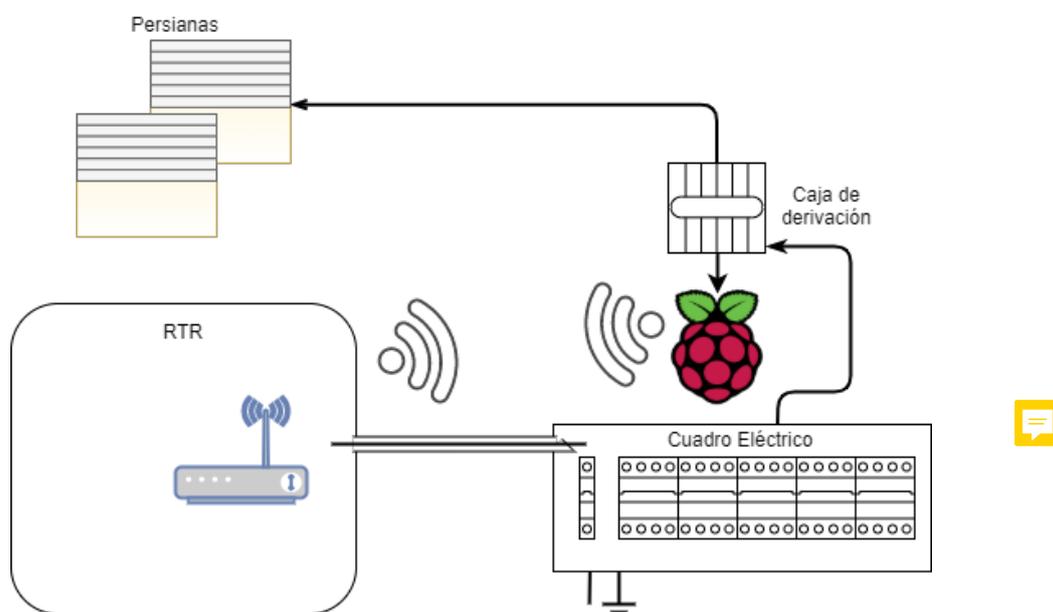


Figura 3.7: Dibujo informativo de como será la instalación física.

Adjunto un pequeño dibujo informativo en la imagen 3.7 para que se pueda entender la instalación:

Técnicas y herramientas

Esta parte de la memoria tiene como objetivo presentar las técnicas metodológicas y las herramientas de desarrollo que se han utilizado para llevar a cabo el proyecto. Si se han estudiado diferentes alternativas de metodologías, herramientas, bibliotecas se puede hacer un resumen de los aspectos más destacados de cada alternativa, incluyendo comparativas entre las distintas opciones y una justificación de las elecciones realizadas. No se pretende que este apartado se convierta en un capítulo de un libro dedicado a cada una de las alternativas, sino comentar los aspectos más destacados de cada opción, con un repaso somero a los fundamentos esenciales y referencias bibliográficas para que el lector pueda ampliar su conocimiento sobre el tema.

Algunos conceptos teóricos de \LaTeX ⁹.

4.1. Secciones

Las secciones se incluyen con el comando `section`.

Subsecciones

Además de secciones tenemos subsecciones.

Subsubsecciones

Y subsecciones.

⁹Créditos a los proyectos de Álvaro López Cantero: Configurador de Presupuestos y Roberto Izquierdo Amo: PLQuiz

4.2. Referencias

Las referencias se incluyen en el texto usando cite [3]. Para citar webs, artículos o libros [2].

4.3. Imágenes

Se pueden incluir imágenes con los comandos standard de L^AT_EX, pero esta plantilla dispone de comandos propios como por ejemplo el siguiente:



Figura 4.8: Autómata para una expresión vacía

4.4. Listas de items

Existen tres posibilidades:

- primer item.
- segundo item.

1. primer item.

Herramientas	App	AngularJS	API REST	BD	Memoria
HTML5		X			
CSS3		X			
BOOTSTRAP		X			
JavaScript		X			
AngularJS		X			
Bower		X			
PHP			X		
Karma + Jasmine		X			
Slim framework			X		
Idiorm			X		
Composer			X		
JSON		X	X		
PhpStorm		X	X		
MySQL				X	
PhpMyAdmin				X	
Git + BitBucket		X	X	X	X
MikTeX					X
TeXMaker					X
Astah					X
Balsamiq Mockups		X			
VersionOne		X	X	X	X

Tabla 4.1: Herramientas y tecnologías utilizadas en cada parte del proyecto

2. segundo item.

Primer item más información sobre el primer item.

Segundo item más información sobre el segundo item.

▪

4.5. Tablas

Igualmente se pueden usar los comandos específicos de \LaTeX o bien usar alguno de los comandos de la plantilla.

Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto

Este apartado pretende recoger los aspectos más interesantes del desarrollo del proyecto, comentados por los autores del mismo. Debe incluir desde la exposición del ciclo de vida utilizado, hasta los detalles de mayor relevancia de las fases de análisis, diseño e implementación. Se busca que no sea una mera operación de copiar y pegar diagramas y extractos del código fuente, sino que realmente se justifiquen los caminos de solución que se han tomado, especialmente aquellos que no sean triviales. Puede ser el lugar más adecuado para documentar los aspectos más interesantes del diseño y de la implementación, con un mayor hincapié en aspectos tales como el tipo de arquitectura elegido, los índices de las tablas de la base de datos, normalización y desnormalización, distribución en ficheros³, reglas de negocio dentro de las bases de datos (EDVHV GH GDWRV DFWLYDV), aspectos de desarrollo relacionados con el WWW... Este apartado, debe convertirse en el resumen de la experiencia práctica del proyecto, y por sí mismo justifica que la memoria se convierta en un documento útil, fuente de referencia para los autores, los tutores y futuros alumnos.

Trabajos relacionados

Este apartado sería parecido a un estado del arte de una tesis o tesina. En un trabajo final grado no parece obligada su presencia, aunque se puede dejar a juicio del tutor el incluir un pequeño resumen comentado de los trabajos y proyectos ya realizados en el campo del proyecto en curso.

Conclusiones y Líneas de trabajo futuras

Todo proyecto debe incluir las conclusiones que se derivan de su desarrollo. Éstas pueden ser de diferente índole, dependiendo de la tipología del proyecto, pero normalmente van a estar presentes un conjunto de conclusiones relacionadas con los resultados del proyecto y un conjunto de conclusiones técnicas. Además, resulta muy útil realizar un informe crítico indicando cómo se puede mejorar el proyecto, o cómo se puede continuar trabajando en la línea del proyecto realizado.

Bibliografía

- [1] BOE. Reglamento electrotécnico de baja tensión, 2020. [Internet; descargado octubre de 2020].
- [2] John R. Koza. *Genetic Programming: On the Programming of Computers by Means of Natural Selection*. MIT Press, 1992.
- [3] Wikipedia. Latex — wikipedia, la enciclopedia libre, 2015. [Internet; descargado 30-septiembre-2015].