



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica  
Superior d'Enginyeria  
Informàtica

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica  
Universitat Politècnica de València

# **Diseño de una vivienda inteligente adaptada a personas con enfermedades neurodegenerativas. Una aplicación de la Inteligencia Ambiental**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

Máster en Ingeniería Informática

*Autor:* Daniel Alcaide Vela

*Tutor:* Joan Fons i Cors

Curso 2018-2019



# Resumen

En este trabajo se describe el diseño de una vivienda, la cual se dota de una serie de servicios y dispositivos que le capacitan de inteligencia para que ésta pueda adaptarse a las diferentes necesidades de los ocupantes de la vivienda. Esta idea surge de la caracterización de la sociedad y de cómo ésta está evolucionando. Más concretamente, la sociedad tiende a aumentar su longevidad y consigo un aumento de los casos de enfermedades relacionadas con la demencia y distintos problemas neurodegenerativos. Como ingenieros tenemos el deber de solventar, o al menos paliar, los diferentes problemas sociales con los recursos que dispongamos. En el transcurso de la memoria se detallan el diseño de los servicios y los dispositivos y tecnologías utilizados para llevar a cabo el proyecto.

**Palabras clave:** enfermedad, inteligencia ambiental, vivienda, accesibilidad, neurodegeneración, demencia, Alzheimer

---

# Resum

En aquest treball es descriu el disseny d'una vivenda, la qual es dota d'una sèrie de servicis i dispositius que li capaciten d'intel·ligència perquè esta puga adaptar-se a les diferents necessitats dels ocupants de la vivenda. Esta idea sorgix de la caracterització de la societat i de com esta està evolucionant. Més concretament, la societat tendix a augmentar la seua longevitat i amb si un augment del casos de malalties relacionats amb la demència i distints problemes neurodegeneratives. Com a enginyers tenim el deure de resoldre, o almenys pal·liar, els diferents problemes socials amb els recursos que disposem. En el transcurs de la memòria es detallen el disseny dels servicis i els dispositius i tecnologies utilitzats per a dur a terme el projecte.

**Paraules clau:** malaltia, intel·ligència ambiental, vivenda, accessibilitat, neurodegeneració, demència, Alzheimer

---

# Abstract

In this paper it is described the design of a dwelling, which is provided with services and devices giving it intelligence in order to be able to adapt to the different needs of its occupants. This idea comes up from the society's characterization and from how it is evolving. Namely, society tends to increase its longevity and, with it, an increase of illnesses related to dementia and various neurodegenerative processes. As engineers, we have the duty to solve, or at last, to ease, social issues with our available resources. In the course of this paper it is detailed the design of the services and the devices and the technology used to accomplish the project.

**Key words:** illness, ambient intelligence, dwelling, accessibility, neurodegeneration, dementia, Alzheimer

---



# Índice general

---

Índice general	V
Índice de figuras	VII
Índice de tablas	VII
<hr/>	
<b>1 Introducción</b>	<b>1</b>
1.1 Motivación . . . . .	3
1.2 Problema . . . . .	3
1.3 Objetivos . . . . .	4
1.4 Metodología . . . . .	5
1.5 Estructura de la memoria . . . . .	5
<b>2 Contexto tecnológico</b>	<b>7</b>
2.1 Soluciones existentes similares . . . . .	7
2.1.1 Proyecto ACTIVAGE . . . . .	7
2.1.2 Proyecto SeniorLab . . . . .	8
2.1.3 Proyecto Viviendas Inteligentes . . . . .	9
2.2 Consideraciones . . . . .	9
<b>3 Planteamiento inicial del problema</b>	<b>11</b>
<b>4 Análisis del problema</b>	<b>15</b>
4.1 Modelo conceptual . . . . .	15
4.2 Bocetos . . . . .	17
4.2.1 Avisos . . . . .	17
4.2.2 Citaciones . . . . .	18
4.2.3 Pantalla principal . . . . .	19
<b>5 Diseño de la solución</b>	<b>21</b>
5.1 Infografía del sistema . . . . .	21
5.2 Dispositivos y componentes . . . . .	24
5.2.1 Sensores . . . . .	24
5.2.2 Actuadores . . . . .	28
5.3 Descripción de las comunicaciones . . . . .	29
5.3.1 Descripción de los servicios . . . . .	29
5.3.2 Comunicaciones . . . . .	33
5.4 Diseño de la interfaz . . . . .	35
5.4.1 Limitaciones . . . . .	35
5.4.2 Recomendaciones . . . . .	36
5.4.3 Prototipo . . . . .	37
<b>6 Implementación</b>	<b>39</b>
6.1 Comunicación serie . . . . .	39
6.2 Sistema de detección . . . . .	42
6.3 Aplicación móvil . . . . .	44
6.3.1 Apache Cordova . . . . .	45
6.3.2 Ionic . . . . .	46
6.3.3 Angular . . . . .	46

---

<b>7</b>	<b>Ejemplo de escenario</b>	<b>49</b>
7.1	Caso 1: Desorientación del/la paciente en el exterior de la vivienda . . . .	49
7.2	Caso 2: Caída del/la paciente en el interior de la vivienda . . . . .	50
<b>8</b>	<b>Conclusiones y trabajo futuro</b>	<b>53</b>
	<b>Referencias</b>	<b>55</b>

---

Apéndice		
<b>A</b>	<b>Demencia</b>	<b>57</b>

## Índice de figuras

---

2.1	Infograma proyecto ACTIVAGE. . . . .	7
2.2	Instalaciones de SeniorLab. . . . .	8
2.3	Robot proyecto Viviendas Inteligentes. . . . .	9
4.1	Modelo conceptual. . . . .	16
4.2	Interfaz pantalla de avisos. . . . .	18
4.3	Interfaz pantalla de citasiones. . . . .	19
4.4	Interfaz pantalla principal. . . . .	19
5.1	Infografía del sistema. . . . .	22
5.2	Sensor de flujo YF-S201. . . . .	24
5.3	Sensor de impacto KY-031. . . . .	25
5.4	Sensor de fuego infrarojo SR017. . . . .	25
5.5	Sensor de gas MQ-2. . . . .	26
5.6	Sensor de movimiento HC-SR501. . . . .	26
5.7	Sensor magnético A3144. . . . .	27
5.8	Sensor de luminosidad. . . . .	27
5.9	Electroválvula Rain Bird 075-DV. . . . .	29
5.10	Arquitectura cliente-servidor. . . . .	36
5.11	Prototipo pantalla principal. . . . .	37
5.12	Prototipo pantalla de avisos. . . . .	38
5.13	Prototipo pantalla citasiones. . . . .	38
6.1	Prototipo del sistema de comunicación serie. . . . .	40
6.2	Prototipo del sistema de detección. . . . .	42
6.3	Arquitectura <i>framework</i> Cordova. . . . .	45
6.4	Rediseño pantalla principal. . . . .	47
A.1	Infografía sobre demencia obtenida de la página web oficial de la OMS. . . . .	57

## Índice de tablas

---

5.1	Asociación entre sistemas y protocolo utilizado para la comunicación . . . . .	23
-----	--	----



---

---

# CAPÍTULO 1

## Introducción

---

En este trabajo fin de máster (TFM) se describe el diseño para llevar a cabo la implantación de un sistema inteligente en el interior de una vivienda. Este sistema está orientado a personas con enfermedades neurodegenerativas, más específicamente nos centraremos en personas que padecen trastornos de la memoria y que sufren algún tipo de dependencia en su vida cotidiana.

Éste es un proyecto que, por su naturaleza, puede extenderse a otras enfermedades en las que el paciente se encuentre en su vivienda y que la manifestación de los síntomas de la enfermedad deriven en una condición de dependencia por parte del paciente. Más concretamente, nuestro diseño atiende a las necesidades de personas con problemas de retención de información a causa de una afección celular degenerativa.

Existe un gran problema alrededor de las personas con este tipo de afección, el cual se describe de forma más detallada a continuación, y es que se requiere de recursos humanos para su seguimiento permanente. A esto se le debe sumar que la población, según destacan diferentes organizaciones como puede ser la Organización Mundial de la Salud, incrementará su longevidad y disminuirá a su vez la natalidad.

Según las diferentes organizaciones, las cuales se citan en los siguientes puntos, coinciden en que dado este aumento de la longevidad aumentará en gran medida la aparición de casos de demencia lo que conlleva a un mayor número de pacientes dependientes. Como también vemos en los siguientes puntos, amén de los recursos humanos se deberá destinar una gran cantidad de recursos económicos.

A pesar de que actualmente existen diferentes productos y/o proyectos en este sector, estos resultan insuficientes dado que están destinados a un ámbito de pequeña escala. Se entiende como pequeña escala un sistema cerrado y de ámbito doméstico. De cualquier modo, si bien estos pueden resultar de ayuda de forma puntual, en ningún caso pueden sustituir de forma íntegra a un recurso humano.

En este aspecto se ha de destacar dos características fundamentales y de los cuales carecen los sistemas que existen actualmente en el mercado. Una de ellas se refiere a la inteligencia del sistema, cuya carencia impide la autosuficiencia del mismo. Por otro lado, la ausencia de interacción con los servicios ubicados en el exterior de la vivienda lo que limita considerablemente su funcionalidad.

Para la realización del diseño se emplean diferentes dispositivos de monitorización que permiten realizar un seguimiento del estado del paciente de forma continuada. Estos se conectan a una pequeña centralita la cual consiste en una placa Raspberry Pi. Mediante dicha placa, junto con la red de dispositivos, se plantea crear un sistema ubicuo que permita el seguimiento del paciente.

Además, en este TFM se describen las tecnologías utilizadas para llevar a cabo tanto las comunicaciones entre los diferentes dispositivos que coexisten dentro de la misma red y otros sistemas que se encuentran en el exterior de la vivienda, como las tecnologías para realizar la monitorización del paciente y que ayudan a recabar la información de todo lo que ocurre en el interior de la vivienda.

En gran medida, la aportación de este proyecto a diferencia de los trabajos existentes, es la necesidad de interconexión del sistema de seguimiento integrado en la vivienda de un paciente dado con el sistema sanitario y de emergencia del exterior. Dicha aportación se debe a la necesidad del cuidado de estas personas sin que se requiera de recursos humanos para su seguimiento permanente.

Cabe destacar que este proyecto se apoya en uno de los objetivos de desarrollo sostenible [15] que fueron adoptados por Naciones Unidas en 2015. Este trabajo se encuentra en consonancia con el objetivo tres que se enuncia como sigue: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades. Dicho objetivo promueve garantizar el bienestar y la prosperidad universal.

En referencia a los objetivos de desarrollo sostenible, lo que se persigue es conseguir una serie de metas que buscan el bienestar a nivel mundial aplicando principios y valores. Algunos de los objetivos con los que cuentan incluyen desde la eliminación de la pobreza hasta el combate al cambio climático, la educación, la igualdad de la mujer, la defensa del medio ambiente o el diseño de nuestras ciudades, según podemos observar en el portal web oficial de Naciones Unidas [15].

---

## 1.1 Motivación

---

Es bien sabido que los avances en sanidad, junto a unos mejores hábitos de alimentación, están desembocando en un aumento de la esperanza de vida y, por tanto, en una sociedad más longeva. Según el Instituto Nacional de Estadística (INE), actualmente más de un 12 por ciento de la población mundial tiene 60 años o más y éste aumentará hasta un 21,5 por ciento para el año 2050 [2]. Además, se debe tener en cuenta que en estos momentos existen más de 46 millones de individuos con problemas de demencia, y esta cifra se duplicará en 20 años, según el informe Alzheimer's Disease International [9].

El objetivo de este trabajo fin de máster es desarrollar un proyecto teórico en el que implementar una serie de servicios para la implantación de sistemas inteligentes en una vivienda adaptada para personas que sufren diferentes tipos de enfermedades neurodegenerativas como puede ser el Alzheimer. En concreto, nuestros servicios van orientados a personas con déficit de memoria o incluso personas de avanzada edad con necesidades de dependencia.

La motivación de este proyecto es la de lograr que estas personas puedan encontrarse bajo cuidado las 24 horas del día sin necesidad de disponer de un asistente social o personal de asistencia médica presente de forma continuada. Esto ayudaría a disminuir de forma considerable los gastos que acarrear la vigilancia continuada de personas con dependencia y, por ende, permitiría así aumentar la cantidad de personas bajo vigilancia sin necesidad de invertir más recursos humanos.

Más específicamente, el proyecto se centra en el desarrollo teórico de un sistema basado en servicios inteligentes que permitan la toma de decisiones para asegurar la correcta asistencia a personas con dependencia. Para ello, el sistema estará compuesto por una serie de sensores que monitorizarán la vivienda y al individuo. Por otro lado, se dispondrá de una placa Raspberry Pi donde se alojará la capacidad del cómputo del sistema ubicuo y el cual se conectará con los servicios de emergencia que sean requeridos según las necesidades del momento.

---

## 1.2 Problema

---

Para ponernos en contexto y proceder a describir la solución planteada en este trabajo, debemos anunciar de manera detallada el problema que se desea abordar. En este caso, como ya se ha introducido anteriormente de forma breve, se trata de un tema de índole sanitaria y que afecta a la sociedad de forma directa.

Nuestro trabajo se relaciona estrechamente con el término denominado demencia, el cual hace referencia a una serie de síntomas que surgen del deterioro de la memoria y otras habilidades vinculadas con el pensamiento y que reducen la capacidad de realizar las labores cotidianas de un individuo como bien se describe en el artículo [1] el cual ha aportado la organización Alzheimer's Association.

Como también citan en [14], existen una serie de señales o síntomas que advierten de la posibilidad de padecer la enfermedad de Alzheimer u otros tipos de demencia. Los síntomas en los que se apoya este trabajo, y por lo cual se lleva a cabo, se enuncian a continuación:

- Cambios de memoria que dificultan la vida cotidiana.
- Dificultad para desempeñar tareas habituales en la casa, en el trabajo o en su tiempo libre.
- Desorientación de tiempo o lugar.
- Colocación de objetos fuera de lugar y la falta de habilidad para retrasar sus pasos.

Como podemos observar, en general, estos síntomas fuerzan al individuo a estar vigilado de forma permanente. Lo cual causa un gran desembolso de dinero, tanto por los gastos directos ocasionados por la compra de medicamentos, como los indirectos que surgen de la atención social y prestada.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) [8], se prevé que para el año 2050, el número de personas que padecerán demencia se triplicará llegando hasta 152 millones de casos. Además, indica que los gastos a nivel mundial relacionados con la demencia alcanzarán los US\$ 2 billones (ver anexo A.1).

Con todo ello, se plantea un problema el cual será de gran importancia y relevancia que se considere una solución eficiente con la cual paliar los gastos derivados del mismo. Una vez enunciado el problema pasaremos a exponer nuestros objetivos con respecto al presente proyecto .

### 1.3 Objetivos

---

Nuestro fin está dirigido a paliar las dificultades que comúnmente sufren las personas con enfermedades neurodegenerativas relacionadas con pérdida de memoria, para ello debemos definir nuestro objetivo general como:

- Diseñar una vivienda capacitada de inteligencia para asistir a personas con enfermedades neurodegenerativas.

En lo que a objetivos específicos se refiere y para llevar a cabo nuestro objetivo general, debemos:

- Analizar las necesidades de personas que padecen enfermedades neurodegenerativas.
- Recopilar información de los productos competidores.
- Identificar cuáles son las necesidades de los enfermos que todavía no han sido cubiertas.
- Promover el bienestar universal en consonancia a los objetivos de desarrollo sostenible de Naciones Unidas.
- Desarrollar una serie de servicios que capaciten a una vivienda de inteligencia y así permitir solventar las necesidades que se han identificado.

---

## 1.4 Metodología

---

Para alcanzar los objetivos que se plantean en este trabajo se deben seguir una serie de procedimientos los cuales permitan concluir de manera satisfactoria el mismo. Estos procedimientos se describen como sigue:

- Estudio del problema y documentación sobre las enfermedades neurodegenerativas.
- Análisis de los productos existentes en el mercado actual.
- Diseño detallado de una solución la cual solviente las deficiencias detectadas.
- Implementación del diseño.
- Construcción de un prototipo funcional.

---

## 1.5 Estructura de la memoria

---

Durante el transcurso de la memoria se describe el diseño de una vivienda inteligente y autosuficiente que permite el seguimiento de pacientes con enfermedad neurodegenerativas con alguna afección que implique pérdida de memoria. Además, se describen tanto los dispositivos utilizados para la construcción del sistema como la comunicación con los diferentes servicios que se encuentran en el exterior de la vivienda.

Primero, para comenzar a describir el contexto de este trabajo, se realiza un estudio del mercado en el ámbito de las viviendas inteligentes en el que se describen algunos de los productos que existen actualmente y sus características. Además, se enuncian las ventajas e inconvenientes de los mismos así como el valor añadido de este proyecto con respecto a los productos de la competencia.

Seguidamente, se exponen los hechos por los cuales se ha llevado a cabo la elaboración de este proyecto. Precisamente se describe el problema que se desea abordar mediante la realización del mismo, así como algunos de los retos y riesgos a los que se debe afrontar un proyecto de estas características.

A continuación, se efectúa un análisis sobre el problema que se ha enunciado previamente y el cual nos permite identificar los diferentes aspectos y componentes del mismo. Esto nos ayuda a la elaboración del diseño de una solución que se ajuste al problema al que nos queremos afrontar.

Del mismo modo, se muestra el diseño del sistema planteado como solución al problema enunciado. Además, en este punto se pueden observar los diferentes dispositivos utilizados para la creación del sistema. Amén de lo anterior, se muestran los protocolos y tecnologías utilizadas para llevar a cabo las comunicaciones entre los dispositivos.

También, se incluye parte de la implementación que se ha desarrollado a modo de prototipo tanto para algunos de los componentes que se encuentran dentro de la vivienda como para la aplicación móvil que está destinada al seguimiento del paciente una vez que éste abandone la vivienda.

Para finalizar, se enuncian una serie de ejemplos de escenario en el que se puede observar cuál es el comportamiento del sistema dada una situación adversa. Tras ello se incluye una pequeña reflexión a modo de conclusión, de la misma forma que también se añaden algunas mejoras o añadidos para el proyecto como parte del trabajo futuro a realizar.

---

---

# CAPÍTULO 2

## Contexto tecnológico

---

Dentro del ámbito tecnológico podemos incluir las diferentes soluciones que actualmente existen en el mercado y que a su vez se asemejan a nuestra propuesta de proyecto. Esto nos ayuda a contextualizar el producto resultante de nuestro trabajo dentro del mercado y determinar cuáles son los puntos débiles o carencias que podría acometer este proyecto para que adquiera un valor añadido.

### 2.1 Soluciones existentes similares

---

#### 2.1.1. Proyecto ACTIVAGE

Como podemos ver en la página web oficial de ACTIVAGE [3] así como en la infografía que se muestra en la figura 2.1, éste se trata de un proyecto europeo centrado en las tecnologías y estándares del Internet de las cosas (IoT). La labor de dicho proyecto es crear infraestructuras y servicios orientados al apoyo en la vida cotidiana y el entorno de personas mayores.

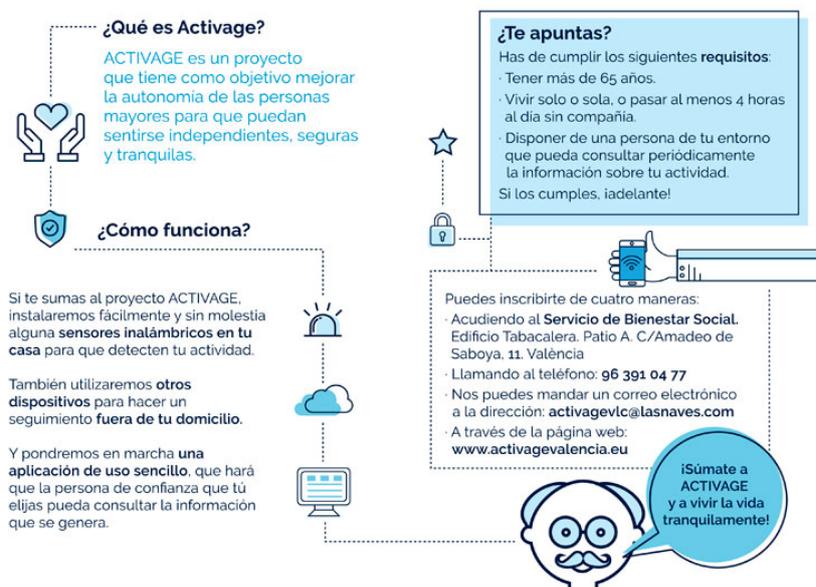


Figura 2.1: Infografía proyecto ACTIVAGE.

Sus principios son el de mejorar y promover la vida independiente y la mejora de la calidad de vida y la autonomía. Este proyecto fue financiado por el programa europeo Horizon 2020, y el cual ayuda a abordar problemas antes de que se conviertan en críticos y así evitar una necesidad mayor de inversión por parte de la Unión Europea.

En el caso de ACTIVAGE no se puede considerar como un producto como tal, a partir de dicho proyecto se crearon especificaciones, servicios y estándares para que puedan ser utilizados en la construcción de paquetes o productos similares al que se describe en el actual trabajo.

En concreto, se especializa en el ámbito del IoT llevado a pequeña escala, considerando la implantación de dichos sistemas en las viviendas de los pacientes [13]. Estos sistemas se basan en lo que se conoce como envejecimiento activo y saludable, que tienen como objetivo reducir la dependencia y a su vez los recursos necesarios.

### 2.1.2. Proyecto SeniorLab

En cuanto a SeniorLab, al igual que en el caso de ACTIVAGE, este no crea productos como tal. Con dicho proyecto [16] lo que se pretende es crear un prototipo real de vivienda inteligente sobre el que realizar pruebas con personas de avanzada edad. De esta forma recrean estructuras de viviendas para así tener la posibilidad de testar diferentes dispositivos como pueden ser los que se muestran en la figura 2.2.



Figura 2.2: Instalaciones de SeniorLab.

Aunque sí existe una diferencia con respecto al proyecto ACTIVAGE, y es que han llevado a cabo la creación de un edificio eficiente mediante el control de la luz solar, las persianas, la ocupación de las estancias, climatización y otros elementos. Este edificio se ha convertido en un gran laboratorio, en el cual diseñan diferentes dispositivos para su futura implantación en un entorno real.

### 2.1.3. Proyecto Viviendas Inteligentes

Este proyecto [11], llevado a cabo por el centro Center for Advanced Studies in Adaptive System (CASAS) compuesto por las Universidades del Estado de Washington, plantea un sistema de robótica para el apoyo a la actividad de las personas con demencia.

En dicho proyecto se incluye un elemento adicional al resto de proyectos que se han descrito anteriormente y es que se añade la figura de un asistente robot (figura 2.3). Este robot está conectado a los diferentes sensores que se encuentran en la vivienda y es capaz de moverse de forma autónoma a través de las habitaciones y así asistir a los pacientes.



Figura 2.3: Robot proyecto Viviendas Inteligentes.

El robot dispone de un pequeño dispositivo en el cuerpo del mismo con forma de *tablet* la cual permite reproducir videos a los pacientes en los que se muestra como ha de realizar determinadas tareas. Además, podrá guiarlos hacia sus medicamentos si estos no han sido ya suministrados anteriormente, o les recordará que es la hora de comer si lo han olvidado, entre otras funcionalidades.

## 2.2 Consideraciones

---

Para finalizar este capítulo debemos realizar una pequeña reflexión en la que se destaca cuáles son los puntos fuertes de los productos existentes, en qué se centran y qué beneficios aportan. Además, se enuncian las funcionalidades que añade nuestro proyecto para que, en caso de que se llevara a cabo la implantación de un proyecto de estas características en un entorno real, se tome en consideración.

Lo que los proyectos anteriores pretenden, y es algo común a todos, es que procuran crear un sistema autónomo al cuál se le dota de cierta inteligencia para que tome las decisiones pertinentes y adecuadas a cada circunstancia. Esto lo consiguen gracias a una red de dispositivos o sensores que se encargan de controlar el estado del entorno de forma continuada.

El proyecto ACTIVAGE guarda estrecha relación con el funcionamiento previsto para el sistema que se describe en este trabajo, ya que, como se puede ver en la página web del proyecto llevado a cabo en la ciudad de Valencia [4] prometen un seguimiento tanto dentro como fuera de la vivienda. Pero entendemos que existe una gran desventaja y es que únicamente se tiene en consideración como usuario objetivo a personas mayores de 65 años.

El problema de ello es que la probabilidad de que estas personas padezcan de alguna enfermedad es muy alta y únicamente se contempla el seguimiento y envío de los datos recopilados a su cuidador/a. En definitiva, la recopilación de los datos recae sobre una persona a diferencia de nuestro sistema donde los datos son enviados a los servicios de emergencia. Por otro lado, no se tiene en consideración los problemas de salud que puedan sufrir, en cambio el nuestro va orientado a pacientes con una sintomatología concreta.

En cuanto al proyecto denominado SeniorLab, éste cuenta con características interesantes y emplean la tecnología tanto para mejorar la calidad de vida de las personas mayores como para el ahorro de recursos. Al final se tiene como resultado un habitáculo inteligente y autónomo, sin embargo, al igual que el proyecto ACTIVAGE, se crea un entorno cerrado lo cual minimiza la probabilidad de que en caso de situación adversa se resuelva de manera satisfactoria.

En referencia al proyecto del centro CASAS, uno de los puntos en contra y que consideramos un impedimento, es el hecho de que el sistema no sea totalmente ubicuo. Nos referimos a que considerando la sintomatología y el tipo de paciente al que va dirigido el proyecto, entendemos que el hecho de que exista un robot que esté moviéndose por la vivienda del individuo podría llegar a convertirse en un impedimento.

Para terminar, lo que se busca con este trabajo y que no se encuentra en los diferentes sistemas descritos, es crear un sistema totalmente conectado al sistema sanitario y a los diferentes sistemas de emergencia que fueran requeridos. Esta falta de interacción de la vivienda con los sistemas que se encuentran en el exterior es lo que hace que nuestro proyecto adquiera cierto valor añadido.

En muchos casos, el apoyo in situ puede que resuelva de forma satisfactoria la gran mayoría de circunstancias adversas que puedan ocurrir en la vida cotidiana. Pero tenemos que tener en cuenta que la sintomatología referida a la demencia empeora con el paso del tiempo. Es por ello, por lo que la necesidad de asistencia por parte del sistema sanitario y de emergencias es imprescindible para impedir que ocurra un accidente grave e irreversible.

# Planteamiento inicial del problema

---

El problema enunciado en este trabajo nos insta a la implementación de una solución la cual permita que personas con algún tipo de déficit de memoria o incluso individuos que no puedan valerse por sí mismos a causa de su avanzada edad, puedan desenvolverse de forma autónoma sin la necesidad de un individuo externo que lo supervise continuamente.

Como ya se ha descrito previamente el/la paciente objetivo trata de personas con demencia, lo que supone un verdadero desafío el hecho de llevar a cabo la implantación de un sistema compuesto por dispositivos de soporte físico dentro de la vivienda del mismo. Además, se debe destacar el comportamiento irracional e inesperado como respuesta a determinadas situaciones debido a la manifestación de los diferentes síntomas.

Resulta necesario señalar también algunos de los retos que se han de afrontar a la hora de realizar un proyecto de esta índole y envergadura. Dichos retos pueden dividirse en dos grandes grupos: por una parte, como ya se ha adelantado, se deben considerar los retos asociados a la envergadura del mismo; por otro lado, se debe reparar en que se baraja la vida de un individuo.

Algunos de los retos con los que nos encontramos:

- Implantación de un sistema físico en la vivienda del/la paciente.
- Elección del método idóneo para llevar a cabo las interacciones con el/la paciente.
- Sensación de agobio por parte del individuo causado por el seguimiento continuo.
- Adaptación del sistema a la estructura de la vivienda.
- Interoperabilidad entre nuestro sistema y los servicios de emergencia externos.
- Compatibilidad total de la aplicación con el dispositivo móvil.
- Tiempos de respuesta a una notificación de alerta.

Amén de los retos que se plantean, debemos enunciar una serie de riesgos significativos y que deben ser evaluados para que en caso de que ocurra una posible contingencia podamos minimizar los efectos en la medida de lo posible. Estos riesgos deben describirse en el plan de contingencias del proyecto y junto a éste se han de describir las posibles soluciones factibles para cada uno de ellos.

En cuanto a los riesgos que se plantean:

1. Desorientación del individuo en el exterior de la vivienda.
2. Caída del Sistema Central.
3. Pérdida de información en el momento de realizar la transmisión de notificaciones de emergencia.
4. Fallo de un sensor o actuador del sistema implantado en la vivienda.
5. Desconexión del dispositivo móvil mientras el paciente se encuentra en el exterior de la vivienda.

Como ya se ha explicado previamente, para cada uno de los riesgos que se enumeran en la lista anterior, se han de definir una o varias soluciones que permitan paliar en la medida de lo posible los efectos adversos. A modo de ejemplo, a continuación se muestra una solución para cada uno de los riesgos:

1. Mediante el geoposicionamiento del dispositivo móvil se determina una trayectoria habitual. En caso de que esta trayectoria sea alterada se enviará una notificación de alerta al dispositivo, si esta no es respondida por el usuario en un tiempo predefinido entonces se notificará a los servicios de emergencia.
2. El servidor debe construirse como un sistema redundante. Esto significa que todos y cada uno de los dispositivos físicos que lo conforman deberán estar replicados para que en caso de que uno o varios elementos del sistema fallen o se colapsen, entrará en funcionamiento el sistema replicado.
3. Se implementa un protocolo el cual permita comprobar si el sistema exterior ha recibido correctamente nuestra petición. Para ello, si es un tiempo prudente éste no ha respondido a la petición, entonces se genera una nueva notificación además de una alerta al administrador del sistema.
4. De nuevo, se implementa un protocolo, en este caso es denominado protocolo de latido (conocido como protocolo *Heartbeat*). Este tipo de protocolo se encarga de enviar una señal periódica para indicar que el dispositivo sigue en funcionamiento en caso de dejar de recibir esta señal se emite una alerta al administrador.
5. En caso de que el dispositivo móvil se apague de forma manual o a causa de un error en el mismo mientras el paciente se encuentra fuera de la vivienda, se generará una notificación de emergencia indicando a su vez la última ubicación en la que el paciente ha sido detectado.

Para llevar a cabo dicha tarea se plantea la creación de un sistema ubicuo formado por una serie de dispositivos que permitan la monitorización del estado del paciente. Cabe destacar que el sistema, dadas las necesidades del paciente, debe permitir la monitorización permanente. Además, a éste se le añaden una serie de dispositivos los cuales permiten interactuar con el paciente y así ofrecerle asistencia en el transcurso de su vida cotidiana.

Cabe destacar que este trabajo se plantea como un desarrollo teórico lo cual se refiere a que la finalización del mismo no concluye con la elaboración del sistema completo en un entorno real. Lo que se pretende con este proyecto es el diseño de una solución el cual

solvente el problema enunciado, pudiendo así, ser implementado posteriormente por un equipo técnico interdisciplinar especializado.

Más concretamente, con esto se persigue que dicho trabajo sirva como guía para la construcción e implementación de un sistema tipo, pudiendo ser adaptado a los requerimientos o necesidades de la vivienda y/o el individuo que la habite. No obstante, como se muestra a continuación, se describen todos los dispositivos y componentes necesarios para llevar a cabo la solución planteada.



---

---

## CAPÍTULO 4

# Análisis del problema

---

El análisis del problema nos permite identificar y definir los diferentes aspectos que lo componen. Además, esto nos ayuda a percibir de una forma más clara su estructura, así como las necesidades o carencias que sufren los interesados. Todo ello nos ayuda a crear un diseño que permita abordar el problema de una forma más eficaz.

Para ello se ha creado un modelo conceptual el cual nos permite estructurar los componentes dentro del sistema, así como también la definición de bocetos los cuales nos aporta una forma de plasmar nuestra idea inicial del diseño y considerar las necesidades del paciente y la problemática a la que nos enfrentamos.

### 4.1 Modelo conceptual

---

Mediante un modelo conceptual podemos crear una relación entre los diferentes conceptos que componen un problema dado. De este modo podremos representar de forma gráfica el problema al que nos enfrentamos y la interacción entre los diferentes componentes dentro del mismo.

Para llevar a cabo dicha representación se ha seleccionado un diagrama de clases. Este tipo de diagramas se construyen en Lenguaje Unificado de Modelado (UML), dicho lenguaje es un estándar que especifica las diferentes herramientas que pueden ser utilizadas para el proceso de modelado.

Mediante UML podemos realizar diferentes diagramas según lo que necesitemos representar. Existen dos grandes grupos dentro de nuestro sistema, por un lado se encuentran todos los sensores y actuadores en el interior de la vivienda, y por el otro tenemos un sistema que comunica el interior de la vivienda con los distintos servicios del exterior.

Como se muestra en la figura 4.1, se ha optado por diseñar un mapa del sistema en cuestión. En éste se pueden observar las principales entidades que componen nuestro diseño. Cuando se habla de entidad se refiere a un elemento el cual tiene cierta relevancia en el escenario en el que nos encontramos.

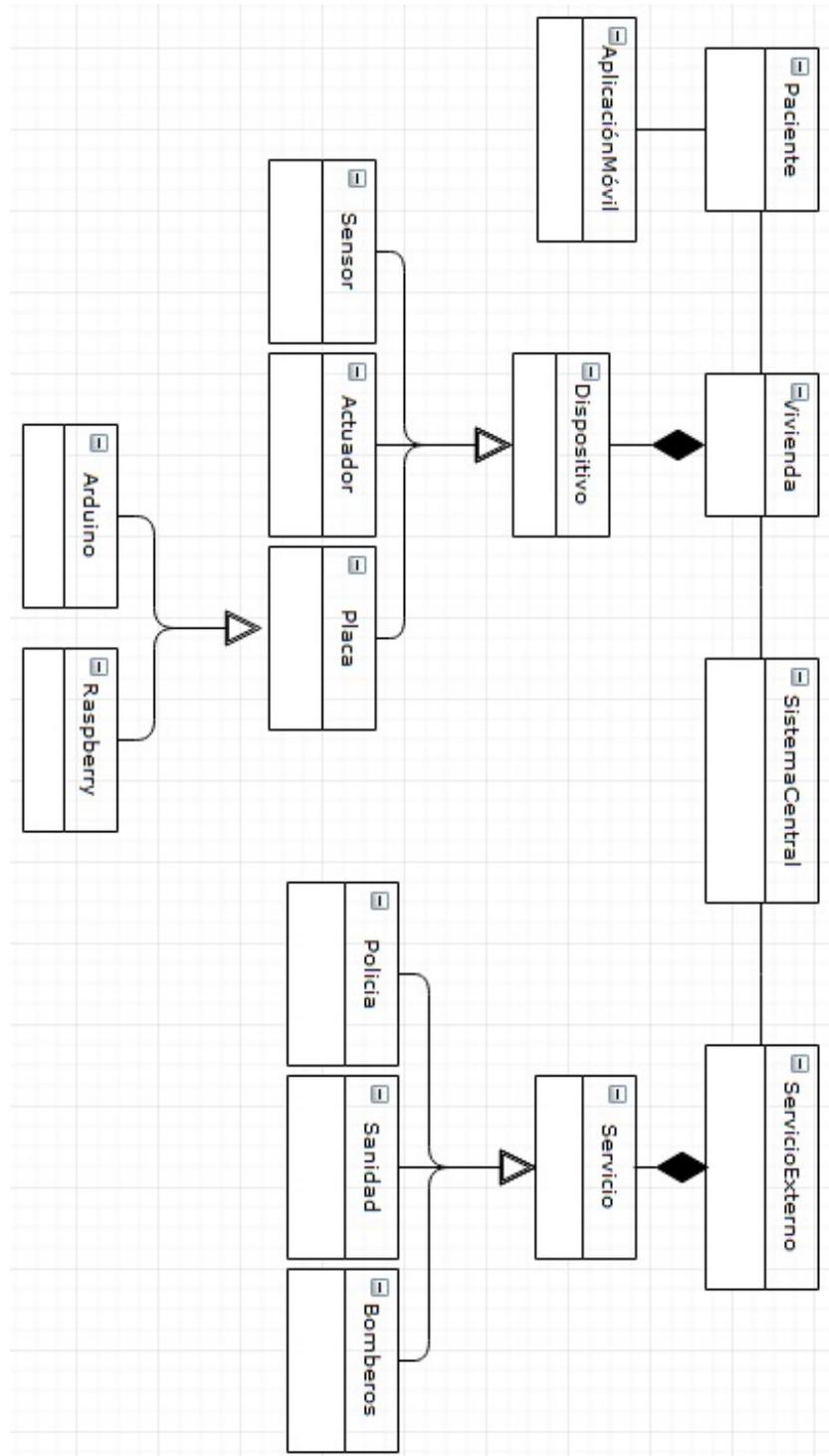


Figura 4.1: Modelo conceptual.

Como se puede observar, existen cuatro grandes grupos: por un lado, nos encontramos con la entidad denominada **Vivienda** la cual incluye todos los componentes del sistema que se encuentran en el interior de la misma; por otro lado, tenemos la entidad **SistemaCentral** el cual está compuesto por los diferentes servicios del exterior; asimismo también podemos observar al **Paciente**; y por último, la entidad **ServicioExterno** en la cual se incluyen los diferentes servicios de emergencia.

Según la representación, el sistema del interior de la vivienda se compone de diferentes dispositivos. Los dispositivos a su vez se pueden diferenciar en **Sensor**, **Actuador** y **Placa**. El primero es el encargado de recopilar la información y transmitirla a la placa Arduino. La segunda, se encarga de la interacción con el entorno de la vivienda. La última, se refiere a las placas Arduino y Raspberry que recopilan y transmiten la información al **SistemaCentral** respectivamente.

Más detalladamente, la placa Arduino actúa como un sumidero de información, lo que implica que recopilará toda la información que ha sido generada a partir de los diferentes sensores del sistema. De forma periódica, dado un tiempo predefinido, toda esa información es enviada a la placa base Raspberry.

A su vez, como ya se ha descrito, la placa Raspberry se encarga de transmitir la información al **SistemaCentral**, el cual se compone de un servidor y una base de datos. Este servidor resuelve la petición y actúa en consecuencia. En caso de recibir una notificación de emergencia se genera un aviso al servicio pertinente. En cualquier caso, tras ello, se almacenan los datos relevantes.

Además, la Raspberry Pi determina las acciones pertinentes en cada momento tras la aparición de una incidencia. En caso de que se requiera, se envía una señal a la placa Arduino para que ésta active los actuadores que sean requeridos y así poder interactuar con el entorno.

Otra entidad que se ha de destacar es **Paciente**, éste debe considerarse como una figura de peso dado que el sistema está creado alrededor del mismo. Por otra parte, éste se trata de un sistema a parte dado que, una vez en el exterior, mediante la aplicación móvil se recaba la información necesaria para su posterior envío a la **Vivienda**.

## 4.2 Bocetos

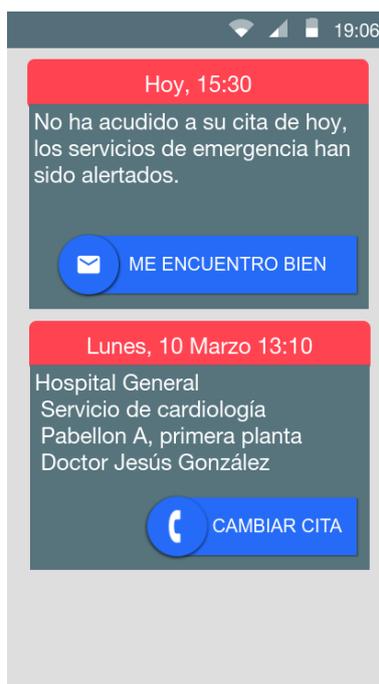
---

Los bocetos o *mockups* son realmente esenciales cuando lo que se necesita es plasmar una idea en algo visible dentro de un breve espacio de tiempo. Se debe tener en cuenta que el diseño de un boceto no resulta en la implementación del mismo, éste debe ir evolucionando según las necesidades y requerimientos de los interesados hasta alcanzar la versión deseada.

Las figuras que se muestran a continuación se refieren a la aplicación móvil, ésta permite parte de la interacción con el paciente, además del seguimiento permanente incluso cuando el individuo sale de la vivienda. Para llevar a cabo el diseño de las diferentes ventanas que componen nuestra aplicación se ha utilizado la herramienta en línea denominada Proto.io.

### 4.2.1. Avisos

En este apartado de la aplicación se muestran las notificaciones que han sido generadas por el sistema a partir de los diferentes eventos. Los eventos se refieren a acontecimientos que han ocurrido tanto en el interior como en el exterior de la vivienda y que han sido recogidos por la red sensorizada.



**Figura 4.2:** Interfaz pantalla de avisos.

A partir de la figura 4.2 se puede observar cómo se muestran las notificaciones, amén del abanico de posibilidades que ofrece dicha ventana. A partir de la misma, el paciente recibe diferentes tipos de notificación como pueden ser:

- Aviso de las próximas citas en el que se incluye una opción para cambiar el día y/o hora si fuese necesario.
- Preaviso antes de alertar a las autoridades y/o servicios sanitarios en caso de que se haya detectado una situación adversa pero se encuentre bajo control.

#### 4.2.2. Citaciones

A continuación, en la figura 4.3 podemos observar la pantalla destinada a las citaciones. En ésta, el usuario puede ver las próximas citas a modo de calendario en forma de listado ordenado por fecha y hora. Así como también se añade un botón para solicitar nuevas citas con su doctor de forma rápida.

Al igual que en las otras ventanas, las solicitudes se realizan directamente con el número de teléfono del ambulatorio u hospital al que esté asociado el paciente. Se entiende que el uso de formularios para personas de avanzada edad dificultaría en gran medida su usabilidad.

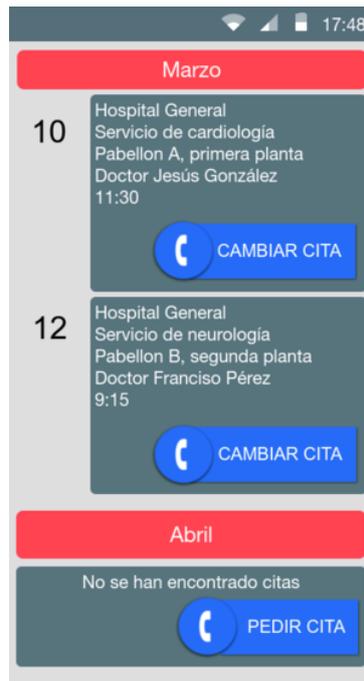


Figura 4.3: Interfaz pantalla de citas.

#### 4.2.3. Pantalla principal

La pantalla principal será mostrada al usuario nada más arrancar la aplicación. Dicha pantalla se plantea inicialmente como un menú compuesto por elementos de tipo imagen y texto para así facilitar lo máximo posible la utilización de las diferentes opciones del mismo.



Figura 4.4: Interfaz pantalla principal.

Como se puede observar en la figura 4.4, las diferentes opciones del menú han sido diseñadas para poder prescindir del uso del *scroll* vertical. Esto ayuda a la rápida visualización del menú al completo y facilita en gran medida la navegación. Además, se hace uso de imágenes para un reconocimiento más rápido de las opciones.

Estas opciones se corresponden con los servicios sanitarios y de emergencia habituales, los cuales se piensa que son los servicios imprescindibles para el tipo de paciente objetivo. Cabe subrayar que si la situación lo requiriese el paciente no tiene porqué advertir a los diferentes servicios, sino que el sistema puede tomar la decisión de avisar a los que fueran requeridos.

---

---

## CAPÍTULO 5

# Diseño de la solución

---

En este capítulo se muestran los dispositivos y componentes que se utilizan para la construcción del sistema ubicuo planteado. Seguidamente, se hace una descripción de las comunicaciones utilizadas para la transmisión de mensajes entre el sistema implantado en el interior de la vivienda y el Sistema Central, que a su vez está conectado con los servicios de emergencias. Amén de las transmisiones que se realizan entre la aplicación móvil y la vivienda.

### 5.1 Infografía del sistema

---

Para tener una visión global del sistema al completo se ha creado una imagen a modo de infografía en la cual se muestran todos los componentes así como los protocolos e interacciones que se realizan entre los diferentes dispositivos. Dicha imagen sirve de apoyo para una mejor comprensión de la solución que se plantea en este trabajo.

Como se puede ver en la figura 5.1 existen varios sistemas diferenciados:

- Sistema Paciente: dicho sistema es primordial para el seguimiento del individuo una vez éste abandona la vivienda.
- Servicios Externos: en éste se encuentran englobados los diferentes sistemas de emergencia (sanitario, policial y de bomberos).
- Sistema Central: aquí es donde se realiza el procesamiento de las peticiones, el almacenamiento de la información y la comunicación con los Servicios Externos.
- Sistema Vivienda: compuesto por todos los dispositivos que se encuentran en el interior de la vivienda.

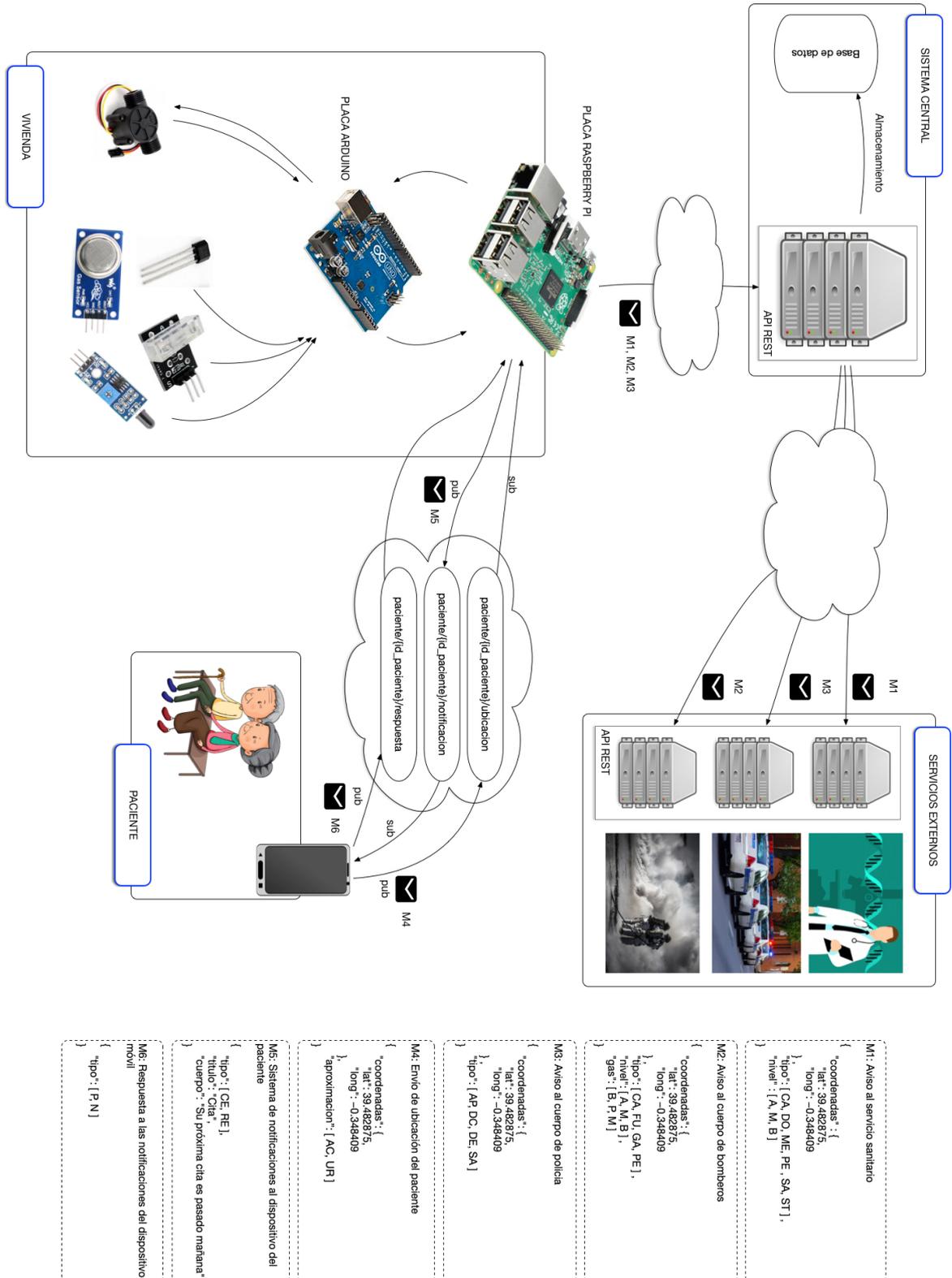


Figura 5.1: Infografía del sistema.

Además, en la figura 5.1 también podemos observar la relación entre los diferentes sistemas así como la forma en que estos llevan a cabo la comunicación y el protocolo que se utiliza en cada caso. Dicha relación la podemos encontrar de forma detallada en la tabla (5.1) que aparece a continuación:

Componentes	Protocolo
Sensores/Actuadores - Arduino	Serie/Bluetooth
Arduino - Raspberry	Serie/Bluetooth
Raspberry - Sistema Central	API REST
Sistema Central - Servicios Externos	API REST
Paciente - Vivienda	MQTT

**Tabla 5.1:** Asociación entre sistemas y protocolo utilizado para la comunicación

Primero, nos encontramos con los sensores y actuadores que se encuentran en la vivienda y la placa Arduino. Esta comunicación, dependiendo de la estructura de la vivienda, puede llevarse a cabo mediante puerto serie cableado o mediante tecnología Bluetooth.

Por otro lado, la comunicación entre la placa de desarrollo Arduino y la Raspberry se lleva a cabo mediante puerto serie cableado o adaptador Bluetooth, al igual que en el anterior caso dependerá de los dispositivos que se fueran a conectar y de las características de la vivienda del individuo.

También, podemos observar la comunicación que se lleva a cabo entre la vivienda (Raspberry) y el Sistema Central. Ésta, como se describe a lo largo del proyecto, se realiza a través de un servicio Web el cual se alimenta de peticiones API REST.

Asimismo, la comunicación entre el Servidor Central y cada uno de los servicios externos se plantea a modo de simulación dado que en la actualidad no existen protocolos que permitan llevar a cabo la implementación de las funcionalidades descritas en este proyecto.

En cualquier caso, se espera que en un futuro se ofrezca este tipo de servicios los cuales se relacionan de forma directa con el ámbito de las ciudades inteligentes. Por tanto, en estos momentos, es un planteamiento teórico pero de técnica y tecnológicamente funcionales.

Por último, se muestra la comunicación entre Paciente y Vivienda. El sistema Paciente se refiere a la comunicación que se efectúa mediante la aplicación móvil la cual también se describe en el actual trabajo. Ésta debe ser instalada en el dispositivo del individuo para poder realizar el seguimiento del mismo.

## 5.2 Dispositivos y componentes

En este apartado se describen los diferentes dispositivos que componen la red ubicua. Estos dispositivos se pueden diferenciar en dos grupos: por una lado, se encuentran los artefactos que posibilitan la monitorización del paciente y mediante los cuales permiten conocer el estado del individuo. A éstos se les denomina sensores.

Por otro lado, se encuentran los dispositivos que permiten la interacción con el habitante de la vivienda a razón de que se produzca un evento dado. Éstos capacitan al sistema para actuar si ocurre un incidente o para recordar al individuo de las tareas que haya olvidado realizar. Son los denominados actuadores.

### 5.2.1. Sensores

Las personas que sufren de demencia tienen dificultades en cumplir tareas sencillas de su vida cotidiana como puede ser: recordar cerrar el grifo, apagar el fogón de la cocina o incluso tener dificultad de discernir si es la hora de despertarse. Esto les dificulta en gran medida llevar a cabo sus tareas en su día a día.

Es por ello que deben existir diferentes dispositivos en la vivienda para mantener a los pacientes bajo supervisión dada su sintomatología. Mediante dichos dispositivos, el sistema es capaz de controlar una serie de aspectos fundamentales para así evitar en la medida de lo posible la aparición de incidentes.

#### Agua

Como ya se ha explicado anteriormente, los pacientes con demencia pueden llegar a olvidar cerrar un grifo. Mediante los sensores de presencia infrarrojos (sección 5.2.1) se puede determinar si una habitación se encuentra vacía. A su vez, mediante un sensor de presión hidráulica o de flujo, se mide el caudal del grifo, lo que permitirá cerrar la salida de agua y así evitar un malgasto de recursos tanto naturales como económicos.

Para este caso se opta por el dispositivo YF-S201 (figura 5.2), que permite la medición de caudales de hasta 30 litros por minuto, lo que es más que suficiente para la medición del flujo de agua para un grifo doméstico. Una vez tenemos el control del flujo, se debe implantar una electroválvula que permita al sistema cerrar el flujo de forma automática, para ello se ha optado por el Rain Bird 075-DV el cual se explica en la sección 5.2.2.



Figura 5.2: Sensor de flujo YF-S201.

## Caída

Un sensor de caídas es un elemento esencial dado que, como ya es sabido, el deterioro de los músculos y articulaciones merma la movilidad de las personas mayores. Eso, añadido a una persona con demencia, complica gravemente el estado del paciente ya que no es plenamente consciente de sus acciones y los límites de su propio cuerpo. Para llevar a cabo dicha tarea se utiliza el sensor de impactos KY-031 (figura 5.3).

Dicho dispositivo permite medir las ondas sonoras que puedan ser provocadas a partir del impacto de un objeto sobre una superficie. La rápida actuación de los servicios sanitarios frente a una caída de la cual el paciente pueda quedarse inconsciente o incluso impedido, aumentaría considerablemente la probabilidad de mantener a salvo al individuo en cuestión.

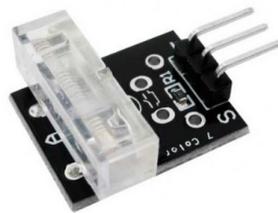


Figura 5.3: Sensor de impacto KY-031.

## Fuego

De nuevo, el fuego es otro elemento que se debe tener en cuenta. El paciente puede llegar a olvidar que se encontraba haciendo la comida dejando así el fogón encendido, también podría ser causado por cigarrillos o estufas. En cualquier caso se opta por controlarlo mediante un sensor de fuego infrarrojo como puede ser el módulo SR017 (figura 5.4). Este dispositivo sería conveniente que se encontrase en todas las habitaciones de la vivienda.

Este dispositivo proporciona la posibilidad de realizar llamadas de emergencia al servicio de bomberos de la localidad donde se encuentra la vivienda. Esto ayudaría a la rápida actuación dado que el fuego es detectado lo antes posible, incluso antes de que los habitantes de la vivienda pudieran percatarse del incidente. El sensor es colocado en puntos estratégicos dado el corto alcance del que dispone, pero el cual es suficiente para una vivienda.



Figura 5.4: Sensor de fuego infrarrojo SR017.

## Gas

Otro elemento a tener en cuenta es el gas butano o propano, los cuales son ampliamente utilizados en las viviendas. Aunque actualmente existen electrodomésticos con mecanismos de seguridad que controlan las emisiones y cierran el flujo en caso de que no se haya encendido el fogón, no todos cuentan con este tipo de avance. Este dispositivo sería meramente para los casos en que se requiera el uso de bombonas de gas para algún propósito dentro de la vivienda.

Para llevar a cabo esta labor, se ha elegido el sensor de gas MQ-2 (figura 5.5). Este dispositivo es capaz de detectar emisiones de gas de diferente tipo, como pueden ser el metano, el butano o el gas licuado del petróleo (GLP). Existen diferentes versiones del sensor los cuales aumentan la cantidad de tipos de gas que son capaces de detectar.



Figura 5.5: Sensor de gas MQ-2.

## Presencia

Conocer dónde se encuentra el individuo en cada momento es vital para determinar si éste ha llegado a un estado de desorientación o, por ejemplo, se puede dar casos en los que el individuo cree que debe levantarse a altas horas de la madrugada. También debe considerarse que olvidan con frecuencia si han realizado una tarea y, por lo tanto, la repiten continuamente.

Es por todo ello que conocer las trayectorias del paciente ayudan a recabar información muy valiosa sobre el estado del mismo. En este caso se opta por el uso del sensor de movimiento HC-SR501 (figura 5.6). Cabe destacar que dicho dispositivo se considera imprescindible y por tanto deberá encontrarse en todas y cada una de las habitaciones del hogar.



Figura 5.6: Sensor de movimiento HC-SR501.

### Puertas y ventanas

Aunque este tipo de sensor es comúnmente utilizado como complemento en sistemas de vigilancia para el control de apertura y cierre de puertas y ventanas, en este proyecto nos permite conocer si el individuo está realizando una salida de la vivienda en un horario inapropiado. Esto nos ayuda a interpretar diferentes situaciones como pueden ser que el paciente esté desorientado o haya perdido la noción del tiempo.

Para llevar a cabo esta tarea se opta por el sensor magnético A3144 (figura 5.7). Este sensor permite controlar la apertura de una puerta a partir del efecto Hall. A grandes rasgos, el sensor funciona de la siguiente forma, si se sitúa un imán cerca del dispositivo éste podrá detectar las variaciones que se producen en el campo magnético gracias a la corriente eléctrica que circula por él.



**Figura 5.7:** Sensor magnético A3144.

### Luminosidad

En cuanto al sensor de luminosidad, junto con otros de los elementos descritos en este capítulo, permite un ahorro sustancial en términos económicos. En este caso no es un sensor para la prevención de accidentes, pero dada la sintomatología del individuo es necesario el control de diferentes elementos como puede ser en este caso el consumo de luz y así evitar el malgasto de recursos.

Para realizar esta tarea se ha seleccionado el sensor GL55 (figura 5.8). Este sensor es un fotoresistor lo cual implica que dispone de una resistencia que varía en función de la luz que recibe. Dentro de la familia de los GL55 existen diferentes tipos según las necesidades del proyecto. También, se debe escoger dependiendo del rango de luz que se requiera medir además de otros parámetros.



**Figura 5.8:** Sensor de luminosidad.

### 5.2.2. Actuadores

Como ya se ha descrito de forma breve, y como bien dice su nombre, este tipo de dispositivos capacitan al sistema para realizar acciones que permitan la interacción con el entorno. En este caso, los actuadores serán los encargados de producir notificaciones para advertir al paciente en determinadas situaciones, o incluso realizar llamadas de emergencia a los servicios sanitarios para solicitar asistencia.

#### Dispensador de pastillas

Este dispositivo cuenta con la peculiaridad de que no se trata de un artefacto ya existente, sino que consiste en un prototipo diseñado en el marco del trabajo actual. Para crear un sistema totalmente ubicuo y conectado, necesitamos de características que carecen los productos que se encuentran actualmente en el mercado. Es por ello, por lo que se trata de diseñar desde cero un producto como tal.

Las funcionalidades a las cuales nos referimos son las siguientes:

- La periodicidad de la toma será ajustada directamente desde la consulta del médico. Es decir, la configuración de los nuevos tratamientos, o modificaciones sobre el mismo, serán descargados en el dispensador de forma automática.
- Este dispositivo debe coexistir junto con los demás dispositivos, por lo que tendrá la capacidad de notificar al sistema sanitario cuando el paciente no realice las tomas que se le hayan prescrito generando así una nueva notificación de emergencia.
- Se advertirá al usuario de las siguientes tomas que estén próximas. Además, con ayuda de los demás dispositivos de la red, se ajustará la hora de aviso si éste se encuentra fuera de la vivienda.
- El dispensador únicamente proporcionará la toma en el momento indicado, siendo imposible que el paciente pueda conseguir más dosis de la que ha sido prescrita por el doctor.
- Se notificará al servicio sanitario la falta de fármaco en caso de que el/la paciente no disponga suficiente medicamento como para completar el tratamiento prescrito por el personal sanitario.

#### Electroválvula

Este actuador, con ayuda del sensor de caudalímetro explicado en el punto 5.2.1, permite la apertura y cierre del flujo de agua de forma inalámbrica y automática. Además, en caso de que se requiriese por alguna situación de fallo en el sistema, cuenta con una llave para el cierre manual.

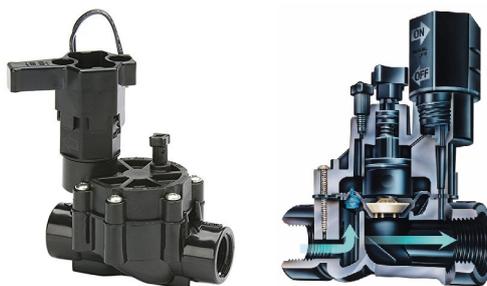


Figura 5.9: Electroválvula Rain Bird 075-DV.

Este dispositivo se centra en el grupo de dispositivos encargados del ahorro de recursos. Aunque, si bien es cierto que tiene como objetivo la reducción del malgasto de recursos, también puede llegar a actuar en caso de que ocurran situaciones adversas. Por ejemplo, en caso de que el paciente olvide que estaba llenando la bañera.

Según podemos ver en las especificaciones del dispositivo, que podemos encontrar en el sitio web oficial [7] de la empresa comercializadora, soporta caudales de más de 1,30 l/s lo cual es suficiente para una vivienda. También pueden observarse otros datos como puede ser la presión o temperatura máxima soportada.

## 5.3 Descripción de las comunicaciones

### 5.3.1. Descripción de los servicios

#### M1: Aviso al servicio sanitario

- Petición:

POST, [https://emergencias.es:8100/sanidad/{id\\_paciente}](https://emergencias.es:8100/sanidad/{id_paciente})

- Parámetros:

```
1 {  
2   "coordenadas": {  
3     "lat": 39.482875,  
4     "long": -0.348409  
5   },  
6   "tipo": [ CA, DO, ME, PE, SA, ST ],  
7   "nivel": [ A, M, B ]  
8 }
```

Donde los parámetros se definen como sigue:

- Coordenadas: se refiere a las posición actual del individuo o, en caso de que el dispositivo haya perdido la cobertura o se encuentre desconectado, la última ubicación registrada.
- Tipo: indicará la clase de urgencia. Siendo sus posibles valores:
  - CA: caída, se establece cuando los sensores de presión situados en el suelo de la vivienda detectan un golpe.

- DO: desorientación, el individuo realiza trayectorias incongruentes dentro de la vivienda. Por ejemplo, acceder al servicio un número inusual de veces.
  - ME: malestar, este tipo de mensaje se enviará a través de la aplicación si así lo indica el propio paciente. Es decir, es una acción proactiva, que se origina en el dispositivo del mismo.
  - PE: preemergencia, indica un comportamiento extraño pero que aún no se ha detectado daño físico.
  - SA: salida de la vivienda, se notificará las salidas que estén fuera de un horario habitual.
  - ST: suspensión del tratamiento, éste indica que el paciente ha dejado de realizar la toma de todos o parte de su medicamento.
- Nivel: establece la importancia de la urgencia. Siendo sus posibles valores:
- A: Alto.
  - M: Medio.
  - B: Bajo.

Cada nivel de urgencia estará asociado a cada tipo y será necesario para que los servicios sanitarios puedan realizar una priorización de los pacientes según la carga de trabajo y recursos de los que disponga en el momento en que se genere una notificación a dicho servicio.

## M2: Aviso al cuerpo de bomberos

- Petición:

POST, [https://emergencias.es:8100/bomberos/{id\\_paciente}](https://emergencias.es:8100/bomberos/{id_paciente})

- Parámetros:

```
1 {
2   "coordenadas": {
3     "lat": 39.482875,
4     "long": -0.348409
5   },
6   "tipo": [ CA, FU, GA, PE ],
7   "nivel": [ A, M, B ],
8   "gas": [ B, P, M ]
9 }
```

Donde los parámetros se definen como sigue:

- Coordenadas: se refiere a la posición actual del individuo o, en caso de que el dispositivo haya perdido la cobertura o se encuentre desconectado, la última ubicación registrada.
- Tipo: indicará la clase de urgencia. Siendo sus posibles valores:
- CA: caída, se establece cuando los sensores de presión situados en el suelo de la vivienda detectan un golpe.
  - FU: fuego, indica que se está originando un fuego en el interior de la vivienda.

- GA: gas, dentro de unos valores predeterminados alerta sobre la posible fuga de algún tipo de gas.
- PE: preemergencia, indica un comportamiento extraño pero que aún no se ha detectado daño físico.
- Nivel: establece la importancia de la urgencia. Siendo sus posibles valores:
  - A: Alto.
  - M: Medio.
  - B: Bajo.
- Gas: en caso de que el tipo se establezca como GA, este parámetro indicará el gas que ha sido detectado. Siendo sus posibles valores:
  - B: Butano.
  - P: Propano.
  - M: Metano.

Este tipo de notificaciones pueden ser generadas a partir de la aplicación móvil, a petición del paciente, mediante opción del menú principal de la misma o también a partir de otras notificaciones. Es decir, por ejemplo, en el caso de que se haya generado una notificación a los servicios sanitarios de tipo caída, quizás se requiera a los bomberos para permitir el acceso a la vivienda.

Aunque existen las posibilidades que se han descrito, la notificación también podrá ser generada a partir de una incidencia que incluya una fuga de gas o el inicio de un fuego. Mediante la información obtenida de los sensores de fuego y gas que se describen en el apartado 5.2.1 se genera un mensaje de alerta. En este caso, en el mensaje también se incluye el tipo de gas para el conocimiento del cuerpo de bomberos que se dirija a la vivienda.

### M3: Aviso al cuerpo de policía

- Petición:

POST, [https://emergencias.es:8100/policia/{id\\_paciente}](https://emergencias.es:8100/policia/{id_paciente})

- Parámetros:

```
1 {  
2   "coordenadas": {  
3     "lat": 39.482875,  
4     "long": -0.348409  
5   },  
6   "tipo": [ AP, DC, DE, SA ]  
7 }
```

Dónde los parámetros se definen como sigue:

- Coordenadas: se refiere a la posición actual del individuo o, en caso de que el dispositivo haya perdido la cobertura o se encuentre desconectado, la última ubicación registrada.

- Tipo: indicará el tipo de emergencia. Siendo sus posibles valores:
  - AP: apoyo, este se genera para solicitar el apoyo policial junto con el resto de servicios de emergencia.
  - DC: desconexión, se emite un mensaje de alerta para advertir que se ha perdido la señal GPS (Sistema de geoposicionamiento global) mientras se encuentra fuera de la vivienda. Las coordenadas se refieren a la última posición que ha sido registrada.
  - DE: desorientación, en caso de que el paciente realice una trayectoria inusual y no responda a una simple interacción del dispositivo móvil entonces se envía dicha notificación. Además, se enviará la ubicación en tiempo real del dispositivo en cuestión.
  - SA: salida, indica que el paciente está realizando una salida no prevista o inadecuada de la vivienda.

Se ha de tener en cuenta que, tanto este servicio como los demás descritos en este proyecto, no se tratan de un servicio exclusivo para los usuarios. Se establecerán una serie de pautas o reglas las cuales deben ser negociadas previamente con cada servicio externo y mediante las cuales se organizarán las diferentes notificaciones originadas por nuestro sistema.

Es decir, el uso de la aplicación no ejerce el derecho a prioridad frente a los demás ciudadanos. Aunque, como ya se ha comentado, sí que cabría la posibilidad de negociar la adición de un parámetro en el interior de la notificación que indique de alguna u otra forma que la notificación es originada desde el dispositivo o vivienda de una persona enferma.

#### M4: Envío de ubicación del paciente

- Parámetros:

```
1 {  
2   "coordenadas": {  
3     "lat": 39.482875,  
4     "long": -0.348409  
5   },  
6   "aproximacion": [ AC, UR ]  
7 }
```

Dónde los parámetros se definen como sigue:

- Coordenadas: se refiere a la posición actual del individuo o, en caso de que el dispositivo haya perdido la cobertura o se encuentre desconectado, la última ubicación registrada.
- Aproximación: indica si la ubicación es exacta o no.
  - AC: actualizada, se refiere a que la posición que se envía en el parámetro coordenadas es la ubicación actual del individuo.
  - UR: última registrada, se refiere a que la posición que se envía en el parámetro coordenadas es la última posición que ha podido registrar el sistema antes de que el dispositivo haya fallado.

### M5: Sistema de comunicaciones al dispositivo del paciente

- Parámetros:

```
1 {  
2   "tipo": [ CE, RE ],  
3   "titulo": "Cita",  
4   "cuerpo": "Hoy tiene pendiente una cita con su doctor a las 15:00"  
5 }
```

Dónde los parámetros se definen como sigue:

- Tipo: indicará el tipo de emergencia. Siendo sus posibles valores:
  - CE: consulta de estado, se emite en caso de emergencia para comprobar que el estado del paciente es correcto o no y así evitar falsas alarmas.
  - RE: recordatorio, alerta de las próximas citas a modo de recordatorio o de la ausencia a las mismas.
- Título: contiene el título del mensaje que recibe el dispositivo móvil del paciente.
- Cuerpo: contiene el cuerpo del mensaje que recibe el dispositivo móvil del paciente.

### M6: Respuesta a las notificaciones del dispositivo móvil

- Parámetros:

```
1 {  
2   "respuesta": [ P, N ]  
3 }
```

Dónde los parámetros se definen como sigue:

- Respuesta: se utilizará como respuesta a las notificaciones recibidas en el dispositivo móvil. Siendo sus posibles valores:
  - P: positiva, se emite en caso de que la respuesta se haya resuelto satisfactoriamente.
  - N: negativa, se emite en caso de que la respuesta no se haya resuelto o el individuo solicite ayuda.

#### 5.3.2. Comunicaciones

Dentro de este proyecto se pueden diferenciar dos grandes módulos. Uno de ellos se trata del sistema de comunicaciones que se encuentra dentro de la vivienda y el cual permite la interconexión de los diferentes sensores y actuadores. Por otro lado, está el sistema de comunicación exterior, el cual, permite la comunicación con los diferentes sistemas de emergencia.

## Interior

La comunicación en el interior de la vivienda no requiere de un largo alcance ni un gran ancho de banda, es por ello por lo que se ha optado por una serie de dispositivos domésticos que son ampliamente utilizados junto con placas como pueden ser Arduino o Raspberry.

Es cierto que las características de la vivienda podrían repercutir directamente en la toma de decisiones sobre los dispositivos y tecnologías utilizadas para llevar a cabo el desarrollo de este proyecto, pero en el ámbito en el que nos encontramos resulta suficiente este tipo de tecnologías.

En nuestro caso, se ha optado por la utilización de una placa Raspberry Pi como cerebro del sistema que se encuentra en el interior de la vivienda. Será ésta la encargada de recabar toda la información de los sensores que están desplegados en la vivienda y así poder actuar en consecuencia mediante la toma de decisiones.

Cabe añadir que la placa Raspberry no se encuentra directamente conectada a los sensores, para ello se opta por una placa Arduino, la cual actúa como un sumidero de información. Ésta última realiza la tarea de recopilar la información y enviarla directamente a la Raspberry.

Para llevar a cabo la comunicación entre las placas se utiliza la comunicación serie. El puerto serie provee de una velocidad de transferencia más que suficiente para los requisitos del sistema. En cuanto a la comunicación serie se considera el uso de tecnologías como puede ser Bluetooth o el puerto USB (Bus Serie Universal).

## Exterior

Dentro de este módulo se engloban todas las comunicaciones que se producen en el exterior, es decir, las comunicaciones que se producen fuera de la vivienda o de la vivienda hacia fuera y viceversa. En dicho módulo está compuesto a su vez con tres sistemas bien diferenciados.

Por un lado, nos encontramos con la comunicación que se realiza entre la vivienda y el servidor central; por otro lado, se ubican las comunicaciones entre el servidor central y los diferentes servicios de emergencia; por último, podemos ver las comunicaciones del dispositivo móvil con la vivienda del/la paciente.

En el primer sistema que se menciona, se gestionan todas las notificaciones que han sido generadas a partir de la vivienda del paciente. En éste, además, se ubica la base de datos en la que se almacena toda la información relevante que se ha obtenido a partir de las peticiones recibidas.

Esta comunicación se realiza mediante peticiones REST (*Representational State Transfer* o Transferencia de Estado Representacional). REST no es más que un término utilizado para denominar a un tipo de arquitectura en soporte lógico y el cual se utiliza para consumir servicios web a través de una API (Interfaz de Programación de Aplicaciones).

Dicha API proporciona una biblioteca de funciones o métodos los cuales a su vez se encargan de generar los mensajes pertinentes que serán dirigidos a los servicios de emergencia que se requieran. A partir de aquí entra en funcionamiento el siguiente sistema de comunicación.

El segundo sistema de comunicación mencionado se trata de la transmisión de mensajes entre el servidor central y los servicios de emergencia. Para este caso, al igual que en el caso anterior, se utiliza como intermediario un servicio web. Como ya se ha explicado, esta comunicación es a modo de simulación ya que en la realidad el sistema no se ha implementado por los servicios de emergencia.

En el último sistema mencionado, en el cual se realiza la comunicación entre el dispositivo del individuo y la vivienda, se hace uso del protocolo MQTT (*Message Queue Telemetry Transport* o Transporte de Telemetría de Cola de Mensajes). MQTT se trata de un mecanismo de suscripción y publicación de canales para el envío de mensajes entre máquinas.

Mediante dicha comunicación el dispositivo del individuo envía de forma periódica, por ejemplo, las coordenadas a la vivienda para que en caso de que ocurra una urgencia el sistema ubicado en la vivienda pueda transmitir a los servicios de emergencia la ubicación del mismo. Se realiza de este modo para que en caso de fallo del dispositivo móvil el sistema continúe en funcionamiento.

## 5.4 Diseño de la interfaz

---

En cuanto al diseño de la interfaz lo primero que se debe considerar es la plataforma en la que va a ser utilizada la aplicación y el perfil de persona al que va destinada. Es evidente que en función de estas dos variables se recomienda el uso de una serie de técnicas de diseño específicas.

### 5.4.1. Limitaciones

Un reto importante es el hecho de romper las brechas tecnológicas del perfil de persona al que va destinada. Es decir, dadas las características del paciente y la alta posibilidad de que se trate de una persona de edad avanzada, implica que la curva de aprendizaje debe ser mínima para así impedir la frustración del usuario a la hora de utilizarla.

Por otro lado, es de vital importancia el rendimiento dado que la aplicación será utilizada fundamentalmente en caso de emergencia, por lo que debe ser lo más liviana y cómoda posible de manejar. Por consiguiente, debe carecer de animaciones o efectos visuales, así como tiempos de carga, florituras o ventanas sobrecargadas.

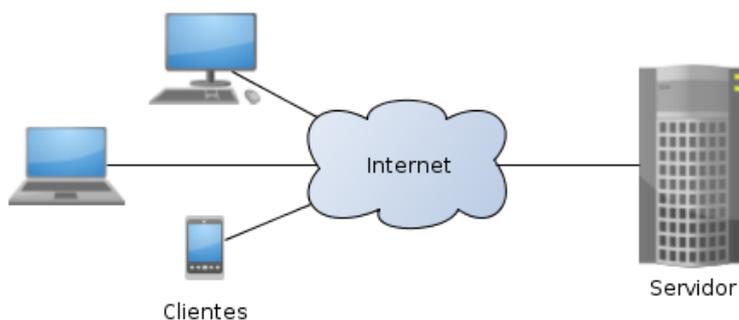
Otro punto a tener en cuenta en lo que al diseño se refiere, es que en este caso prima más la funcionalidad que el aspecto. Es decir, el recorrido para llevar a cabo una operación dentro de la aplicación debe ser mínimo. Así pues necesitamos reducir al mínimo el número de interacciones necesarias para crear una aplicación ante todo útil y práctica.

Con lo anterior también abordamos otra limitación que surge de la sintomatología del paciente y no es más que paliar el déficit de retención de información al que se enfrentan. Disminuyendo la necesidad de interacción y la navegación entre ventanas o menús aumentamos la posibilidad de un aprendizaje más rápido.

Por último debemos puntualizar en una de las grandes limitaciones que se tienen a la hora de realizar un diseño para nuestro usuario objetivo y es que resulta prácticamente imposible disponer de una persona a la cual facilitarle la aplicación y así obtener una retroalimentación de la misma.

#### 5.4.2. Recomendaciones

Antes de comenzar a hablar sobre las recomendaciones del diseño debemos destacar que, grosso modo, existen dos partes fundamentales en una aplicación como la que se está desarrollando en este proyecto. Por una parte, nos encontramos con la parte del cliente o *front-end* y, por la otra parte, el servidor o *back-end*, esto es porque la construcción se ha basado en una arquitectura cliente-servidor (figura 5.10).



**Figura 5.10:** Arquitectura cliente-servidor.

En lo que nos ocupa, vamos a centrarnos en la parte del *front-end*. Éste se refiere a la parte del sistema que se encuentra en la aplicación móvil y con la que el usuario interactúa de forma directa. Es decir, se compone del software destinado a la interfaz y además de capturar los eventos de entrada para posteriormente responder a los mismos si fuera necesario.

La arquitectura *front-end* de una aplicación, como se menciona en [17], se refiere a una colección de herramientas y procesos que tienen como objetivo mejorar la calidad del código *front-end* creando un flujo de trabajo más eficiente y sostenible. Nuestro cometido para llevar a cabo el desarrollo de una arquitectura es fijarnos en: el diseño, la planificación y la observación.

El flujo de trabajo al que hace alusión el autor, se basa en cuatro pilares [18] con carácter metafórico: el código, el proceso, el testeado y la documentación. En nuestro caso, vamos a describir tanto la arquitectura aplicada al diseño de la interfaz como a la lógica de negocio, incluidos en los pilares de código y proceso.

En cuanto al diseño de una aplicación móvil se debe tener en cuenta una serie de recomendaciones, como se describe en [6]. Dada la naturaleza del dispositivo donde va a ser instalada, aspectos como la usabilidad toman una gran importancia.

Es por ello, que se ha de considerar que los dispositivos objetivo de esta aplicación, son de tamaño reducido y la forma de interactuar es principalmente con nuestros dedos. Evidentemente el proceso de diseño de las ventanas y funcionalidades, comparado con una aplicación de escritorio, es muy diferente.

La mejor forma en que se puede llevar un proyecto de desarrollo es mediante la interacción continua con el cliente para así conseguir que la aplicación se acerque más a las necesidades reales del usuario final que a las expectativas de lo que nosotros consideramos que requieren.

En nuestro caso podemos apoyarnos en las diferentes asociaciones que existen y asisten a personas con demencia u otros tipos de enfermedades neurodegenerativas. Gracias al apoyo e interacción con dichas asociaciones podemos recibir cierta retroalimentación sobre el desarrollo del proyecto.

### 5.4.3. Prototipo

Llegados a este punto se debe considerar la realización de una primera versión a modo de prototipo en base al diseño realizado previamente. En cualquier caso, cabe decir que en el momento de llevar a cabo la implementación pueden surgir matices por los cuales se reconsidere el diseño modificando así su aspecto.

Además, también se ha de considerar que el prototipo sirve como primer ejemplar para, una vez implementado, introducirlo en un entorno real controlado y así poder recibir retroalimentación sobre el trabajo que se ha realizado. Es decir, incluso dicha versión no está libre de modificaciones con respecto a la versión final.

### Pantalla principal



Figura 5.11: Prototipo pantalla principal.

## Avisos

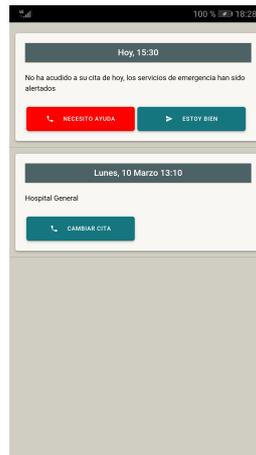


Figura 5.12: Prototipo pantalla de avisos.

## Citaciones



Figura 5.13: Prototipo pantalla citas.

---

---

## CAPÍTULO 6

# Implementación

---

Para llevar a cabo la implementación de los prototipos se ha utilizado una placa Elegoo UNO, la cual tiene un funcionamiento similar a la Arduino UNO. Además, ofrece compatibilidad en cuanto a los dispositivos que pueden conectarse. En los siguientes puntos se muestra el código utilizado para programar la placa de desarrollo para los diferentes sistemas descritos en los puntos anteriores.

Antes de continuar debemos distinguir las diferentes partes de las que normalmente se compone el código de una placa de estas características. El código se puede dividir en las siguientes: inicialización de constantes y variables, configuración de los pines de entrada y salida, bucle de ejecución y biblioteca de funciones.

### 6.1 Comunicación serie

---

En este punto se muestra un prototipo con el cual se implanta la comunicación serie en nuestra placa de desarrollo. La comunicación serie es utilizada para el intercambio de mensajes entre la placa Arduino y la Raspberry.

Para dicho prototipo se hace uso de los siguientes dispositivos:

- Bluetooth DSD TECH HC-06
- Sensor ultrasonido HC-SR04
- Aplicación móvil para mostrar el terminal serie del bluetooth

El funcionamiento consiste en lo siguiente, por un lado se dispone del sensor de ultrasonido que permite detectar si hay algún individuo en la habitación. En cuanto el sistema no detecta al paciente seguidamente comprueba que el servicio bluetooth esté disponible, si éste está disponible entonces manda un mensaje por el canal serie.

En la figura (6.1) se puede observar el resultado del circuito una vez finalizado el montaje:

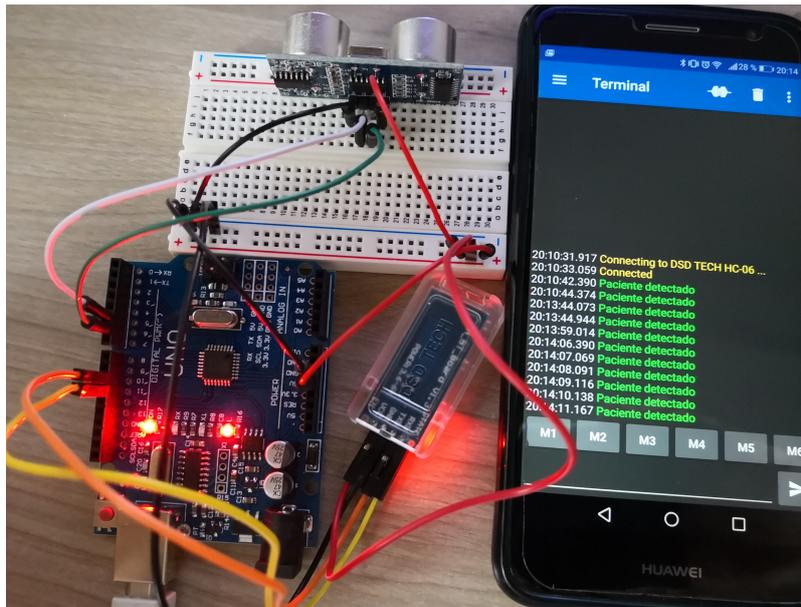


Figura 6.1: Prototipo del sistema de comunicación serie.

En cuanto al código, como ya se ha comentado, se divide en diferentes partes. Primero, en el fragmento que se muestra a continuación, veremos la instanciación de constantes y variables que se van a utilizar a lo largo del programa o la inclusión de librerías externas que permitan la interacción con otros componentes.

```

1 #include <SoftwareSerial.h>
2 SoftwareSerial BT(10, 11);
3
4 const int echoPin = 5; // Pines ultrasonido
5 const int triggerPin = 6;
6
7 const int maxDistance = 30;
8 const String detect = "Paciente detectado";

```

En esta primera parte se seleccionan los pines de la placa a los que se asocia cada señal de cada dispositivo. También pueden añadirse variables para almacenar el estado de los mismos si lo requiriéramos. Cabe destacar que, en este caso, para poder disponer del Bluetooth debemos incluir la librería **SoftwareSerial**, esta librería nos proporciona una interfaz con la que poder manejarlo.

Tras la inicialización, como se puede ver a continuación, se debe realizar la configuración del modo en que se configuran cada uno de los pines. Esto le indica a la placa de desarrollo si los pines van a ser utilizados como entrada o como salida de información. Comúnmente, la numeración de los pines se puede observar tanto en la documentación que acompaña a la placa como en la parte superior de la placa mediante una serigrafía.

```

1 void setup() {
2   Serial.begin(9600);
3   BT.begin(9600);
4
5   pinMode(triggerPin, OUTPUT);
6   pinMode(echoPin, INPUT);
7 }

```

Una vez se han configurado cada uno de los pines según los requisitos de cada componente, debemos implementar la función *loop*:

```
1 void loop() {
2   int cm = ping(triggerPin , echoPin);
3
4   Serial.print("Distancia: ");
5   Serial.println(cm);
6
7   if(cm > maxDistance && BT.available() ) {
8     sendMessage();
9   }
10
11  delay(1000);
12 }
```

Como podemos ver en la función **loop**, inicialmente se lee la distancia a la que se encuentra el dispositivo detectado. Una vez hemos leído dicho valor, comprobamos que el Bluetooth esté disponible y que el individuo detectado se encuentre fuera de la distancia máxima de detección. En caso de que no se haya detectado un individuo dentro del perímetro predefinido y el Bluetooth sea utilizable emitiremos un mensaje por el canal serie.

Por último, a continuación se muestran las funciones que se han utilizado dentro del bucle *loop*:

```
1 void sendMessage() {
2   Serial.println("Enviando mensaje ...");
3   BT.println(detect);
4 }
5
6 int ping(int triggerPin , int echoPin) {
7   long duration , distanceCm;
8
9   digitalWrite(triggerPin , LOW); // Generar pulso limpio
10  delayMicroseconds(4);
11  digitalWrite(triggerPin , HIGH); // Generamos trigger
12  delayMicroseconds(10);
13  digitalWrite(triggerPin , LOW);
14
15  duration = pulseIn(echoPin , HIGH); // Medimos el tiempo entre pulsos en ms
16  distanceCm = duration * 10 / 292 / 2; // Convertimos a cm
17
18  return distanceCm;
19 }
```

Lo que se pretende con dicho prototipo es realizar el envío de paquetes de información mediante un canal serie. En este caso se utiliza el Bluetooth pero también podría llegar a utilizarse el cable serie del cual dispone la placa Arduino. En cualquier caso, la utilización de un medio inalámbrico nos aporta mayor flexibilidad a la hora de construir el sistema.

Para ello, también se deben considerar las diferentes limitaciones que pueden surgir por la naturaleza del medio de transmisión, como puede ser el material de construcción de la estructura de la vivienda, la distancia a la que estén dispuestos los diferentes dispositivos o la aparición de ruido en la señal generado por elementos externos que transmiten a la misma frecuencia de señal.

Como ya se ha comentado en puntos anteriores, existen diferentes elementos que condicionan la elección de los dispositivos y las tecnologías que puedan utilizarse en la creación de proyectos de esta índole. Evidentemente todas las viviendas no son iguales, las habitaciones no guardan la misma disposición, ni están construidas con los mismos materiales.

## 6.2 Sistema de detección

A continuación, vemos el prototipo de un sistema de detección el cual comprueba de forma continuada si el paciente ha olvidado apagar la luz de una habitación. En caso de que se haya dejado la luz encendida y abandone la habitación, automáticamente el sistema lo detectará y por consiguiente apagará la luz de la misma.

Los dispositivos utilizados para la creación de dicho prototipo son los siguientes:

- Led blanco
- Botón
- Sensor ultrasonido HC-SR04

En la figura (6.2), que se muestra a continuación, se puede observar el resultado del circuito una vez finalizado el montaje:

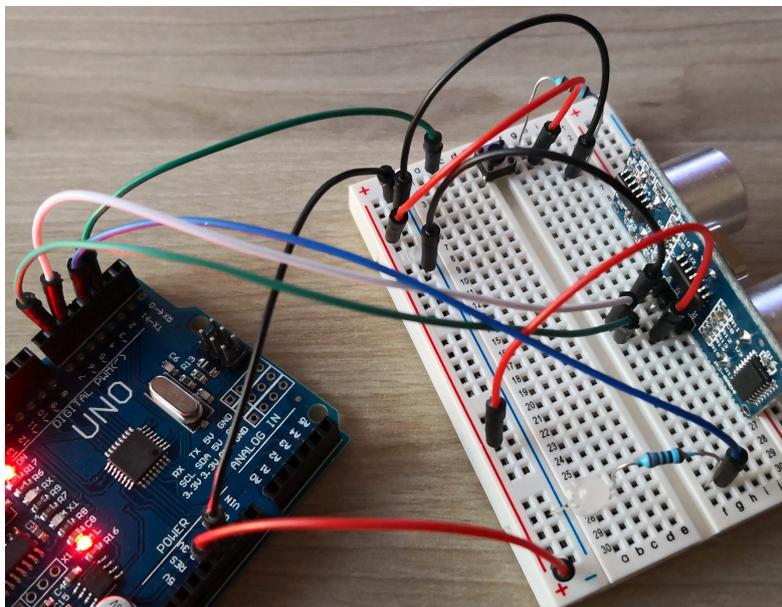


Figura 6.2: Prototipo del sistema de detección.

El funcionamiento consiste en lo siguiente, por un lado se dispone de un botón para encender o apagar el led y por otro lado se encuentra el sensor ultrasonido que permite detectar si hay algún individuo en la habitación. En cuanto el sistema no detecta al paciente seguidamente comprueba el estado de la luz, si ésta está encendida entonces lanza una señal para apagar el led.

En cuanto al código, primero veremos la instanciación de constantes y variables que se van a utilizar a lo largo del programa:

```
1 const int triggerPin = 6; // Pines ultrasonido
2 const int echoPin = 5;
3
4 const int buttonPin = 2;
5
6 const int ledPin = 3;
7
8 const int maxDistance = 30;
9 int buttonState = 0;
10 int ledState = 0;
```

De nuevo, una vez realizada la instanciación, procedemos a configurar los pines de los dispositivos:

```
1 void setup() {
2   Serial.begin(9600);
3   pinMode(triggerPin, OUTPUT);
4   pinMode(echoPin, INPUT);
5   pinMode(buttonPin, INPUT);
6   pinMode(ledPin, OUTPUT);
7 }
```

Tras configurar los pines, podemos pasar con la implementación del bucle que se ejecutará de forma infinita:

```
1 void loop() {
2   int cm = ping(triggerPin, echoPin);
3   Serial.print("Distancia: ");
4   Serial.println(cm);
5
6   buttonState = digitalRead(buttonPin);
7   // Si se pulsa el pulsador, cambiamos el estado del led
8   if(buttonState == HIGH || (cm > maxDistance) && (ledState == HIGH) ){
9     Serial.println("Pulsador presionado o paciente no detectado");
10    ledState = toggleLedState();
11  }
12
13  delay(400);
14 }
```

En este caso el modo de actuación es el siguiente, medimos la distancia de detección y seguidamente comprobamos el estado del botón y el led. En caso de que el botón esté pulsado, el individuo esté fuera del rango de detección y el led se encuentre encendido el sistema procederá a invertir el estado del led, o lo que es lo mismo, originará la señal para apagarlo.

Por último, debemos mostrar las funciones que se han utilizado en el interior del bucle *loop*:

```
1 // Cambia el estado del led
2 int toggleLedState() {
3     ledState = digitalRead(ledPin);
4
5     if(ledState == HIGH) {
6         digitalWrite(ledPin, LOW);
7         Serial.println("Apagar luz");
8     } else {
9         digitalWrite(ledPin, HIGH);
10        Serial.println("Encender luz");
11    }
12
13    return !ledState;
14 }
15
16 // Mide la distancia a la que se encuentra el paciente
17 int ping(int triggerPin, int echoPin) {
18     long duration, distanceCm;
19
20     digitalWrite(triggerPin, LOW);
21     delayMicroseconds(4);
22     digitalWrite(triggerPin, HIGH);
23     delayMicroseconds(10);
24     digitalWrite(triggerPin, LOW);
25
26     duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
27     distanceCm = duration * 10 / 292 / 2;
28
29     return distanceCm;
30 }
```

Lo que se pretende con dicho prototipo es que sea utilizado en los casos en que el paciente olvide por ejemplo: apagar las luces, cerrar la llave del grifo o el gas. En cualquier caso, para este prototipo se ha utilizado un sensor ultrasonido, éste debe ser sustituido por un sensor de movimiento el cual permita un mayor rango de alcance para mejorar la detección.

### 6.3 Aplicación móvil

Para llevar a cabo el desarrollo de la aplicación móvil se ha optado por la utilización del *framework* Apache Cordova. Éste, como se explica a continuación, permite que el código implementado en un lenguaje de marcado como HTML (Lenguaje de Marcas de Hipertexto) pueda ser reutilizado para la creación de aplicaciones para los diferentes Sistemas Operativos móviles que existen en el mercado (Windows phone, Android e iOS entre otros).

Además, para llevar a cabo la implementación de la interfaz, se ha empleado el *framework* Ionic. Al igual que con Cordova, también es explicado a continuación. Por último, cabe destacar que, para llevar a cabo la parte dinámica de la aplicación se ha utilizado la librería Angular. La parte dinámica de una aplicación se refiere a las transiciones, carga de datos en pantalla, eliminación de elementos estáticos, y demás.

### 6.3.1. Apache Cordova

Para poder entender cómo funciona Cordova, primero debemos saber a qué se refiere el término *framework*. Un *framework* no es más que un capa de código que proporciona una serie de funciones y abstraen al programador de la plataforma de la que quiere hacer uso. En este caso, el *framework* llamado Cordova se sitúa por encima del Sistema Operativo.

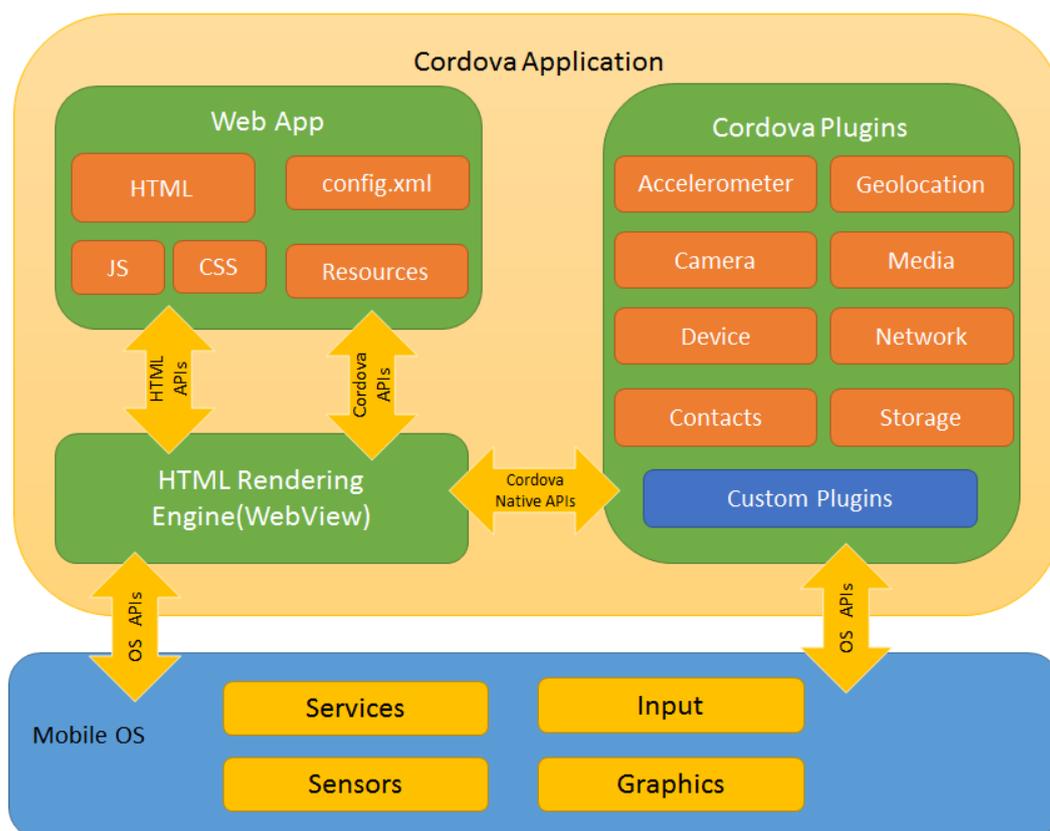


Figura 6.3: Arquitectura *framework* Cordova.

En la figura 6.3 se muestra la arquitectura que conforma la tecnología Apache Cordova y como también podemos observar en el portal oficial del *framework* [5] consta principalmente de tres módulos:

- Web App: aquí es donde se encuentra nuestro código desarrollado a partir de HTML, CSS y JS.
- HTML Rendering Engine: este módulo se encargará de la ejecución de la aplicación dentro de un navegador integrado para así abstraernos del lenguaje de programación nativo.
- Cordova Plugins: son programas que añaden funcionalidades o características adicionales. Estos pueden servir por ejemplo para conectar con la cámara o el almacenamiento del dispositivo.

### 6.3.2. Ionic

Ionic es un *framework* de código abierto basado en tecnologías web utilizado para el desarrollo de aplicaciones híbridas. Una aplicación híbrida no es más que un desarrollo que puede ser interpretado tanto por ordenadores como dispositivos móviles. Esto se consigue gracias a que está basado en lenguajes como JavaScript, HTML y CSS.

Además, gracias a la forma en que se construyen las aplicaciones mediante el *framework* Ionic, se permite que dicha interpretación sea multiplataforma dado que en última instancia la aplicación es ejecutada por una vista web o lo que es lo mismo un navegador integrado.

Esto permite que las aplicaciones puedan ser usadas en diferentes dispositivos indistintamente del sistema operativo en el que se quiera ejecutar. Es por ello que una aplicación construida en un computador de sobremesa puede ser instalada en dispositivos iOS, Android, Windows Phone y otros.

### 6.3.3. Angular

Angular es un *framework* de código abierto utilizado para la construcción de portales Web. En concreto, es utilizado para el desarrollo de portales de forma más ágil y eficiente. Una peculiaridad, a diferencia de HTML, es que permite la construcción de forma modular a partir de bloques.

Para entender mejor el concepto de bloque, primero debemos hablar sobre la estructura del mismo dentro de un proyecto. Un bloque está formado por varios elementos, comúnmente se compone de los siguientes archivos:

- `home.component.html`: en este fichero se encuentra el código HTML de la ventana que se está construyendo. En cualquier caso, dentro de éste, también puede añadirse tanto etiquetas nativas de Ionic como código en TypeScript.
- `home.component.ts`: en este archivo se encuentran las importaciones necesarias para la ejecución del código en Angular. Cabe destacar que dicho fichero se construye como una clase, al contrario de cómo se desarrollaría habitualmente una aplicación web en JavaScript plano.
- `home.module.ts`: en dicho fichero se declaran los componentes que se encuentran fuera de dicho bloque que van a ser utilizados dentro de éste. Por ejemplo, para añadir traducciones a nuestra ventana debemos importar otros componentes externos.
- `home.scss`: los ficheros en formato SCSS (Sass CSS) consisten en un superconjunto del CSS (Cascading Style Sheets o Hojas de estilo en cascada) al que se le ha incluido la sintaxis Sass (Syntactically Awesome Stylesheets o Hojas de estilo sintácticamente impresionantes) el cual añade funcionalidad extra a los ficheros CSS convencionales utilizados para aportar estilos a un documento HTML.

Todos estos ficheros están asociados a un bloque al cual hemos denominado *home*. Este conjunto de archivos se utilizan para la creación de una única ventana, en este caso se trata de la ventana principal de nuestra aplicación móvil. A continuación, pasamos a ver parte de la implementación para clarificar el uso de Angular junto al framework Ionic.

```
1 <ion-content>
2   <ion-grid>
3     <ion-row>
4       <ion-col>
5         
6         <p>Policia </p>
7       </ion-col>
8       <ion-col>
9         
10        <p>Bomberos</p>
11      </ion-col>
12    </ion-row>
13    <ion-row>
14      <ion-col>
15        
16        <p>Hospital</p>
17      </ion-col>
18      <ion-col>
19        
20        <p>Citas</p>
21      </ion-col>
22    </ion-row>
23  </ion-grid>
24 </ion-content>
```

El fragmento de código anterior hace referencia al archivo `home.page.ts`, en el se muestra cómo se ha creado una estructura a modo de cuadrícula. En la figura 6.4 se muestra el resultado del mismo:



Figura 6.4: Rediseño pantalla principal.

Además, para conseguir el aspecto de la figura anterior, necesitamos del código que se muestra a continuación. Éste se refiere al código que se encuentra en el archivo `home.scss` y con el que podemos realizar cambios sobre el diseño del mismo:

```
1 $size-img: 80%;  
2  
3 img{  
4   width: $size-img;  
5   height: $size-img;  
6 }  
7  
8 ion-col{  
9   text-align: center;  
10 }
```

En éste, a modo de ejemplo, podemos ver el potencial de SCSS. A diferencia del lenguaje CSS puro, podemos crear variables lo cual aporta dinamismo y facilita en cierto modo el proceso de programación. Sin embargo, éste es un ejemplo muy simple únicamente para mostrar la parte dinámica del lenguaje pero existen muchos elementos que aportan cierto potencial a este tipo de fichero.

Por otro lado, necesitamos la parte del código que nos permita realizar las modificaciones pertinentes sobre la vista de usuario. Estas modificaciones se refieren a cambios en tiempo de ejecución, a diferencia del fichero SCSS que realizan cambios para formar una vista estática. El fichero en cuestión es `home.component.ts`, el cual se escribe en TypeScript y, como se ha descrito antes, permite la importación o inyección de otros componentes.

```
1 import { Component } from '@angular/core';  
2  
3 @Component({  
4   selector: 'app-home',  
5   templateUrl: 'home.page.html',  
6   styleUrls: ['home.page.scss'],  
7 })  
8 export class HomePage {  
9  
10  constructor() {}  
11  
12 }
```

Debemos considerar que las interfaces creadas a partir del lenguaje HTML son estructuras estáticas. Mediante Angular podemos crear aplicaciones donde la interfaz está directamente relacionada con objetos dinámicos mediante el lenguaje TypeScript. Éste es denominado un superconjunto del lenguaje JavaScript al cual se le han agregado una serie de características.

El verdadero potencial reside en que el código HTML es tratado como una plantilla y se encuentra dentro de un componente dado. Esto permite que el programador pueda agregar código directamente en la interfaz y en el momento de realizar alguna modificación sobre la misma, Angular se encarga de llevarlas a cabo sin necesidad de refrescar el portal completamente.

---

---

## CAPÍTULO 7

# Ejemplo de escenario

---

En este capítulo se plantean, a modo de ejemplo, una serie de situaciones las cuales cabe la posibilidad que ocurran en un entorno real y además se describe cómo el sistema actúa frente a cada circunstancia. Estos ejemplos sirven en gran medida para mostrar el valor añadido del proyecto frente a la competencia así como para demostrar la necesidad de implantación del mismo.

### 7.1 Caso 1: Desorientación del/la paciente en el exterior de la vivienda

---

Se entiende que existen una serie de casos que podrían acarrear consecuencias devastadoras. Uno de los más críticos podría ser en el que el/la paciente se desorienta mientras se encuentra en el exterior de la vivienda y, por lo tanto, puede que olvide el camino de vuelta o incluso la necesidad de alimentarse o hidratarse.

Para dicho caso se toman como premisas los siguientes enunciados:

- El/la paciente se encuentra en posesión de su dispositivo móvil.
- El dispositivo dispondrá de la aplicación móvil instalada.
- Ya se ha preestablecido una trayectoria habitual por la que se mueve el individuo.

La aplicación móvil, mediante su uso continuado, realiza un mapa de la zona por la que el individuo se mueve en su día a día. En el momento en que la persona comienza a moverse fuera de dicha zona, el dispositivo genera una notificación la cual activa el altavoz y la vibración para alertarla.

En este momento se le muestra a la persona un pequeño formulario en el que aparece un mensaje donde se le pregunta por su estado y se incluyen dos botones. Uno de los botones permite verificar al sistema que el paciente se encuentra bien, el otro genera una notificación de alerta.

Llegados a este punto, aunque se dé el caso en que el individuo verifique que su estado es correcto y se encuentra bien, la aplicación alertará y mostrará de nuevo el formulario en la aplicación si éste no regresa de nuevo a la zona de confort en un periodo de tiempo prudencial. De nuevo, se resolverá del mismo modo que se ha descrito.

En caso de que el individuo hubiere seleccionado la opción en que advierte de que no se encuentra bien, de manera instantánea se enviará una notificación a la vivienda. La vivienda de forma automática generará una notificación en el que alertará al servicio policial y sanitario incluyendo consigo la ubicación actual.

Si el usuario no responde a la notificación antes de un tiempo prudencial, del mismo modo, se generará una notificación de alerta con destino al servicio policial y sanitario. En estos casos premia la rapidez en que se resuelve la situación dado que ell/la paciente podría llegar a sufrir o provocar un accidente.

Con esto se resuelven varias situaciones que pueden divergir del caso en cuestión. Dado que el dispositivo está continuamente enviando su ubicación a la vivienda, si por ejemplo el individuo pierde la conexión a la red de telefonía o se apaga, la vivienda alertará a los servicios de emergencia incluyendo la última ubicación recibida.

## **7.2 Caso 2: Caída del/la paciente en el interior de la vivienda**

Otro de los casos que se puede considerar como crítico es el hecho de que el/la paciente sufra un accidente en el interior de la vivienda en el que finalmente termine cayendo al suelo. Éste puede resultar en que no es capaz de pedir auxilio por sí mismo o incluso quede inconsciente.

Para dicho caso se toman como premisas los siguientes enunciados:

- El individuo se encuentra sólo en la vivienda.

En este caso, gracias a los sensores de caída que se encuentran ubicados en un falso suelo, se puede determinar si el individuo ha sufrido una caída. A pesar de todo, la sensibilidad del sensor puede ser configurada acorde a la morfología del individuo para así evitar que se creen falsas alarmas.

Una vez se ha determinado que el individuo realmente ha sufrido una caída, se emite una señal a la placa de desarrollo Arduino. A continuación, en el momento en que la placa de desarrollo reciba dicha señal, se generará un mensaje que enviará directamente a la placa Raspberry.

La placa Raspberry, en función de los datos recabados tanto por los sensores de caída como los de los sensores de presencia, determinará qué servicios externos son requeridos en función de unas reglas preestablecidas. Así pues, se crean las notificaciones pertinentes y se realiza el envío hacia el Servidor Central.

Amén de lo anterior, también deberá detallarse el nivel de urgencia de la emergencia y otros campos para así poder incluir dicha información en el interior de la notificación. Por ejemplo, si se da el caso en que el individuo no se mueve tras la caída, el nivel de urgencia debe establecerse en alta.

Dado el tipo de notificación que se ha creado, se solicitará apoyo tanto al servicio sanitario para atender al individuo como al cuerpo de bomberos en caso de que fuera

necesario facilitar el acceso a la vivienda o incluso la extracción del individuo del interior de la vivienda.



---

---

## CAPÍTULO 8

# Conclusiones y trabajo futuro

---

Como conclusión cabe decir que ha sido toda una aventura llevar a cabo la implementación del diseño de un sistema de esta envergadura. También cabe destacar la dificultad que ha conllevado que todas y cada una de las piezas que componen el sistema descrito encajen unas con otras.

Sin embargo, he de admitir que es muy gratificante el hecho de poder crear proyectos que permitan, en la medida de lo posible, mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. Incluso poder ser responsable del ahorro de recursos económicos o de mejorar la eficiencia del sistema de emergencias que existe actualmente.

Además, se debe tener en cuenta la repercusión de la implantación de un sistema de estas características si se considera el hecho de que se conseguiría paliar los síntomas de una enfermedad como puede ser el Alzheimer e incluso desahogar el trabajo de los familiares que acompañan a dichos pacientes a lo largo de su vida.

Para terminar, a continuación se enumeran algunos puntos sobre los que se piensa que se deben realizar mejoras o incluso llevar a cabo como nuevas funcionalidades que deben ser añadidas dentro del proyecto para un trabajo futuro:

- Modificar la aplicación móvil para que ésta pase a ser el lanzador (también conocido como *launcher*) del dispositivo móvil del paciente y así quede totalmente integrado en el dispositivo, en vez de ser una aplicación a parte evitando así que pueda ser desinstalada por error.
- Crear un apartado dentro de la aplicación móvil en el cual los familiares puedan tener acceso al estado del paciente. Éste permitiría un posible seguimiento por parte de estos y en caso de que ocurra una complicación puedan servir de apoyo a los servicios de emergencia.
- Negociar que los mensajes originados en la vivienda o el dispositivo móvil del paciente cuyo fin sea notificar una emergencia queden exentos a efectos de facturación. Por lo que el tráfico generado por nuestro sistema no será cobrado por las compañías de telefonía.
- Realizar un estudio sobre la posibilidad de sustitución de la placa de desarrollo Arduino por una placa que aporte mayor fiabilidad al sistema. Existen diferentes alternativas que aumentarían el coste del proyecto pero que a su vez aportarían cierta robustez al mismo.



# Referencias

---

- [1] *¿Qué es la demencia?* [En línea]. Disponible en: <https://www.alz.org/alzheimer-demencia/que-es-la-demencia?lang=es-MX>
- [2] (2016, junio 23). 19.- *El Alzheimer en cifras. Informes y estadísticas* [En línea]. Disponible en: <https://www.ortoweb.com/podcast/19-el-alzheimer-en-cifras-informes-y-estadisticas/>
- [3] *About ACTIVAGE* [En línea]. Disponible en: <http://www.activageproject.eu/activation-project/>
- [4] *ACTIVAGE es un proyecto que promueve el envejecimiento activo y saludable* [En línea]. Disponible en: <https://activationvalencia.eu/que-es-activation/?lang=es>
- [5] *Apache Cordova Overview* [En línea]. Disponible en: <https://cordova.apache.org/docs/en/latest/guide/overview/index.html>
- [6] David, M. (2014). *Designing apps for success*. Burlington, Massachusetts: Focal Press.
- [7] *DV and DVF Automatic Inline Sprinkler Valves* [En línea]. Disponible en: <https://www.rainbird.com/products/dv-and-dvf-automatic-inline-sprinkler-valves>
- [8] (2017, diciembre 7). *El número de personas que padecen demencia se triplicará en los próximos 30 años* [En línea]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/detail/07-12-2017-dementia-number-of-people-affected-to-triple-in-next-30-years>
- [9] A. Larrañeta. (2016, octubre 20). *En 2066 uno de cada tres españoles tendrá más de 64 años, según las previsiones del INE* [En línea]. Disponible en: <https://www.20minutos.es/noticia/2867405/0/poblacion-espana-proyeccion-ine-2066/>
- [10] *FAQ - Frequently Asked Questions* [En línea]. Disponible en: <http://mqtt.org/faq>
- [11] A. Downey. (2019, enero 21). *First care robot linked to smart homes tested for dementia patients* [En línea]. Disponible en: <https://www.digitalhealth.net/2019/01/care-robot-smart-homes-elderly-care>
- [12] *Generalidades del protocolo HTTP* [En línea]. Disponible en: <https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/HTTP/Overview>
- [13] F. Cernadas. (2018, febrero 23) *Internet de las Cosas puede transformar el hogar en un punto de atención asistencial* [En línea]. Disponible en: <https://www.elcorreogallego.es/galicia/ecg/internet-cosas-puede-transformar-hogar-un-punto-atencion-asistencial/idEdicion-2018-02-23/idNoticia-1101263/>

- 
- [14] *Las 10 señales* [En línea]. Disponible en: <https://www.alz.org/alzheimer-demencia/las-10-senales>
- [15] *Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades* [En línea]. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/health/>
- [16] (2014, enero 22). *SenirLAB, una casa inteligente para personas mayores* [En línea]. Disponible en: <https://www.casadomo.com/2014/01/22/seniorlab-una-casa-inteligente-para-personas-mayores>
- [17] M. Godbolt, "The Discipline of Frontend Architecture.<sup>en</sup> *Frontend architecture for design systems*. Sebastopol, California: Oreilly Media, Inc., 2016
- [18] M. Godbolt, "The Pillars of Frontend Architecture.<sup>en</sup> *Frontend architecture for design systems*. Sebastopol, California: Oreilly Media, Inc., 2016

---

# ANEXO A

## Demencia

---



Figura A.1: Infografía sobre demencia obtenida de la página web oficial de la OMS.