

# Usos de la Realidad Aumentada en conjunción con objetos inteligentes y wearables en las tecnologías de asistencia a la vida cotidiana



**Estudios de Informática,  
Multimedia y Telecomunicación**

Borja Javier Lanza López  
Departamento de Multimedia  
Universidad Oberta de Catalunya

Trabajo de Fin de Máster  
*Máster en Aplicaciones Multimedia*

Enero 2015

---

---

1. Revisor: Enric Guaus Termens

2. Revisor: David García Solórzano

Día de la defensa: 28/01/2015

Firma del jefe de departamento:

## **Abstract**

El aumento de la esperanza de vida en las sociedades occidentales, incluyendo España genera importantes retos asistenciales. España es el país de la Unión Europea (UE) con la esperanza de vida más alta, 82,5 años en 2012 y con una de las tasas de fertilidad más baja de toda Europa, con 1,32 hijos por mujer en edad fértil lo que implica la inversión de la pirámide demográfica. Este trabajo se centra en analizar las ventajas de la realidad aumentada en conjunción con objetos inteligentes y wearables para facilitar la interacción dentro de un sistema dotado de inteligencia ambiental y la visualización de alertas por parte de usuarios con discapacidades sensoriales en el campo de las tecnologías de la asistencia a la vida cotidiana.

Dedicado a mi familia, por todos los esfuerzos invertidos en mi formación académica y personal.

## Reconocimientos

Reconocer a todos aquellos educadores que me han enseñado a lo largo de este camino, en especial a Enric Guaus Termens y David García Solórzano por hacer este Trabajo de Fin de Máster posible.

Admirar a todos aquellos pioneros e investigadores que desarrollan y hacen posible los campos de investigación que me fascinan.

Agradecer a cualquier persona que se haya tomado el tiempo de leer parte de este documento.

# Índice general

Índice de cuadros	v
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción . . . . .	1
<b>2. Propuesta</b>	<b>3</b>
2.1. Justificación del tema de interés . . . . .	3
2.2. Estado del arte . . . . .	5
2.2.1. Campos tecnológicos involucrados . . . . .	5
2.2.1.1. Realidad Aumentada . . . . .	5
2.2.1.2. Espacios inteligentes, objetos inteligentes y wearables . . . . .	6
2.2.1.3. Computación ubicua . . . . .	6
2.2.2. Aplicaciones de los sistemas Ambient Assisted Living . . . . .	7
2.2.2.1. Televigilancia – Teleasistencia . . . . .	7
2.2.2.2. Telemedicina . . . . .	8
2.2.2.3. Relaciones interpersonales . . . . .	8
2.2.3. Características a valorar en el diseño de un prototipo AAL . . . . .	8
2.2.3.1. Interacción . . . . .	8
2.2.3.2. Privacidad . . . . .	9
2.2.3.3. Seguridad Informática . . . . .	10
2.2.3.4. Seguridad Física . . . . .	10
2.2.3.5. Consumo . . . . .	11
2.2.3.6. Movilidad . . . . .	11
2.2.3.7. Coste . . . . .	12
2.2.4. Tecnologías involucradas en el campo del Ambient Assisted Living	12

## ÍNDICE GENERAL

---

2.2.4.1. Ambient Intelligence (AmI) . . . . .	12
2.2.4.2. Sensores . . . . .	13
2.2.4.3. Cámaras . . . . .	14
2.2.4.4. Etiquetas inteligentes . . . . .	15
2.2.5. Protocolos de comunicación inalámbrica . . . . .	16
2.2.5.1. Bluetooth . . . . .	17
2.2.5.2. Zigbee . . . . .	17
2.3. Hipótesis, preguntas de investigación y objetivos . . . . .	19
2.3.1. Hipótesis . . . . .	19
2.3.2. Preguntas de investigación y objetivos . . . . .	19
2.4. Metodología de investigación . . . . .	21
2.4.1. Basada en documentos . . . . .	21
2.4.2. Entrevistas y Cuestionarios . . . . .	22
2.4.3. Evaluaciones de Usabilidad y otros factores HCI . . . . .	22
2.4.4. Test de Rendimiento . . . . .	23
2.4.5. Test de Laboratorio – Estudio de Casos – Experimentos . . . . .	23
2.4.6. Herramientas para análisis de datos matemáticos . . . . .	23
2.5. Plan de investigación . . . . .	23
<b>3. Director de tesis</b> . . . . .	<b>29</b>
3.1. Propuesta de director . . . . .	29
3.2. Relación con la UOC . . . . .	29
<b>Bibliografía</b> . . . . .	<b>31</b>



# Índice de cuadros

2.1. Comparativa de tecnologías Wireles por I.Caballero et as (2011). . . . .	18
---	----

## GLOSSARY

---

# 1

## Introducción

### 1.1. Introducción

La Organización para la Salud Mundial (World Health Organization) alerta de la problemática de que cada vez mayor porcentaje de población mundial este más envejecida (? ). Evolucionando hacia una sociedad con una pirámide demográfica invertida, debido a la baja natalidad y el aumento de una media de 5 años en la esperanza de vida en los últimos años. España es uno de los países donde la esperanza de vida es más alta, gracias a su clima, sistema de salud y dieta, llegando a una media 82 años. En España entre los años 1992 y 2012, la esperanza de vida al nacer de los hombres ha pasado de 73,9 a 79,4 años y la de las mujeres de 81,2 a 85,1 años (1)

El futuro que muestran las proyecciones elaboradas, tiene que ser muy tenido en cuenta, debido al aumento que se espera en el gasto sanitario y de adaptación de infraestructuras. Se estima un crecimiento del 17.1 % al 30.0 % de la población mayor de 65 años para el año 2060. Alcanzando más de 151.5 millones de personas en dicho segmento de la pirámide poblacional. (2, 3) La población total residente en España en 2014 se situaba entorno a los 46.5 millones de personas.(1)

Esto unido a otras problemáticas como el sobrepeso, la diabetes y los problemas de salud mental, hacen que se creen proyectos de investigación por la Unión Europea que intenten paliar tanto el coste que supone a las arcas de los estados miembros, como aumentar la calidad de vida de los afectados sin tener que cambiar las bases de cotización en lo servicios sociales de cada uno de los países. (4, 5, 6, 7)

El esfuerzo necesario se irá incrementando según dichos estudios. Debido a que la

## 1. INTRODUCCIÓN

---

tendencia es el aumento tanto el número de ciudadanos con necesidades especiales acorde a su estilo de vida, edad, enfermedades y minusvalías. Como la imperiosa necesidad del incremento cada vez mayor en los fondos destinados a cubrir cada una de dichas enfermedades asistenciales o incluso crónicas.

Por ello se puede recurrir a las tecnologías de la información y comunicación dentro del ámbito del Ambient Assisted Living. Las líneas de investigación dentro de la Unión Europea están englobadas dentro de un marco de trabajo mayor denominado Innovation Partnership on Active and Healthy Ageing. Esta innovación para el envejecimiento saludable y activo intenta combatir el coste de mantener una cada vez mayor envejecimiento de la pirámide poblacional en los estados miembros de la Unión Europea. (8)

Las AAL, no tienen que estar obligatoriamente centradas en el Envejecimiento Activo, si no que puede aplicarse a otros colectivos que tienen sus capacidades de movilidad, razonamiento y percepción mermadas como también son los enfermos, las personas con discapacidad o menores de corta edad.

## 2

# Propuesta

### 2.1. Justificación del tema de interés

Desgraciadamente el cuerpo humano es imperfecto. Ya sea por el normal deterioro de los sentidos y la consciencia por el paso del tiempo, por deficiencias presentes en el nacimiento o adquiridas a lo largo de la experiencia vital se debe de hacer frente a discapacidades a la hora de interactuar con el entorno.

El aumento de la esperanza de vida hace que las personas vivan más tiempo, pero si este incremento no está acompañado por una calidad de dicha experiencia vital ampliada solo supondrá generar dependencias, con todo el gasto y problemática asociadas. (2)

El derecho a la vida es inalienable, pero el derecho a una vida independiente y plena superando los retos que suponen las discapacidades sensoriales, motoras y cognitivas es un campo donde la sociedad aún puede avanzar. Todo ello sin suponer una inversión desmedida en las políticas sociales, que limite su aplicación en el tiempo o a diferentes colectivos.

Una discapacidad en la sociedad actual, donde las tecnologías de la información y comunicación están presentes, es perfectamente superable. Incluso podemos sobrepasar la capacidad normal de nuestros sentidos para percibir nuestro entorno real, conectándose a una noosfera digital. Dicha capa de información se mezcla con el mundo real creando una realidad aumentada. (22)

Desde hace tiempo la Unión Europea invierte dentro de sus programas de salud, en proyectos relacionados en el uso de la tecnología para facilitar la vida diaria y cotidiana,

## 2. PROPUESTA

---

a personas que principalmente por la edad tienen problemas para valerse independientemente, cuando con ayuda podrían continuar viviendo con plena autonomía. (8) Pero en este estudio se incluyen como objetivos no solo de la tercera edad sino cualquier persona con una discapacidad o dependencia, facilitando ya sea su propia actividad o la de sus cuidadores.

Este hecho es muy relevante en la sociedad actual, donde estos segmentos de población son cada vez mayores, necesitando mayor inversión y atención, sin olvidar que todo el mundo en algún momento pasará a integrarlos. La tecnología tiene que tener un fin social, que mejore las condiciones de vida, las relaciones sociales y el bienestar de la sociedad en la que se aplica.

Gracias al desarrollo y adopción de nuevas tecnologías o procesos de fabricación digital, es cada vez más sencillo y económico desarrollar instalaciones que sean conscientes de los hábitos y actos de sus usuarios. Una vez procesados mediante una inteligencia ambiental, la información necesaria se muestra de manera multimodal.

Dentro del esfuerzo académico e institucional de la UOC, por mejorar las condiciones de vida y superar barreras gracias a las TIC, ya sea intelectualmente o físicamente, este proyecto de investigación está englobado dentro de dichas líneas de actuación.

## 2.2. Estado del arte

### 2.2.1. Campos tecnológicos involucrados

La vida cotidiana asistida por el entorno (AAL) necesita para ser implementada en este estudio de una serie de tecnologías que la hagan posible. Entre estas tecnologías se encuentran tres subcampos importantes para esta investigación.

Uno de los retos a la hora de abordar la investigación es superar el progresivo deterioro de los sentidos. Esto afecta, en el caso de los métodos clásicos de interacción, a por ejemplo la vista; con una menor distancia, definición y capacidad de distinguir colores. El oído pierde sensibilidad igualmente, disminuyendo el rango distinguible tanto en las frecuencias como a la distancia a la que se perciben los sonidos y la localización del origen. En el caso del tacto se pierde sensibilidad, siendo más difícil manipular los objetos. Una combinación que puede volverse aún peor si el usuario presenta pérdida de movilidad y un progresivo deterioro cognitivo. (9)

De ahí que los sistemas AAL, como el estudiado tengan que presentar la información al usuario de manera multimodal. Implicando avisos sonoros, visuales, vibraciones, mensajes de texto o usando la realidad aumentada, que en este caso puede ser también realidad amplificada. Al ampliar por ejemplo zonas de imágenes captadas para un mejor detalle, filtrar y mejorar el sonido de fuentes como por ejemplo las conversaciones telefónicas o avisos acústicos.(10)

#### 2.2.1.1. Realidad Aumentada

La realidad aumentada comprende bajo el prisma de esta investigación, tanto los estudios en visión por ordenador (OpenVC), como diferentes técnicas de visualización, entre las que se encuentran videoproyecciones, holografías y aumentación del sentido de la vista mediante la realidad aumentada.

Paul Milgram en el año 1994, define un continuo de la virtualidad que expone todos los estadios desde el Mundo Real de nuestra cotidianidad hasta el Mundo Virtual en una inmersión completa (11). Cuando al mundo real le superponemos una capa de información digital, que aunque esté centrada mayoritariamente en el sentido de la vista, no tiene que estar restringido solo a dicho sentido. También es posible potenciar

## 2. PROPUESTA

---

el audio o tacto, teniendo mucha importancia cuando existen discapacidades involucradas. Ampliando el concepto propio de Multimedia a una experiencia multisensorial aumentada.

### 2.2.1.2. Espacios inteligentes, objetos inteligentes y wearables

En esta investigación se considera un espacio es inteligente y por tanto posee inteligencia ambiental, a aquel entorno en el cual uno o varios sistemas interactivos se comunican de manera multimodal y bidireccionalmente con el usuario. Todo ello gracias al paradigma de la computación ubicua, es decir, de forma transparente y natural, en conjunción a las acciones del usuario.

Esto se logra gracias a la combinación de sensores, cámaras, microcontroladores, objetos inteligentes y sistemas o dispositivos informáticos que capturan y analizan las acciones del usuario. Mostrando al usuario el resultado o la información necesaria mediante actuadores o visualizadores (displays). Por lo tanto son sistemas conscientes de las acciones que se llevan en su entorno (context-awareness). (12)

Gracias al desarrollo de la interconectividad digital de los objetos cotidianos, cada vez es más común que debido al enfoque de las empresas hacia el concepto de Internet de las cosas, los espacios que los contienen adquieren una inteligencia ambiental. (13) Según donde instalemos esa capacidad de computo, dotando de la habilidad de ser consciente gracias a los sensores que iremos detallando a lo largo del estado del arte. Estaremos hablando de espacios, objetos y prendas o complementos inteligentes. Gracias a la interconexión de todos estos elementos en un ecosistema digital, la información será compartida y sincronizada. Proporcionándole al usuario diferentes maneras de interactuar con su entorno alcanzando el concepto de computación ubicua.

### 2.2.1.3. Computación ubicua

La computación ubicua también es conocida actualmente con otros términos en inglés tales como *Pervasive computing*, *Calm technology*, *Things That Think y Everyware*. El sistema tiene que ser transparente al usuario, fácil, que pueda ser usado en toda la instalación o vivienda sin tener que usar múltiples dispositivos, y que este sea consciente de las necesidades y actuaciones del usuario. (14)

En dicho sistema gracias a los diferentes nodos sensores que se hayan instalado, el usuario no podrá discernir como elementos individuales, los diferentes dispositivos



electrónicos. Al poder acceder a través de cada uno de ellos a información del sistema e interactuar con él, enviando comandos que serán ejecutados por el sistema. Desde un reconocimiento mediante visión por ordenador, pasando a acciones realizadas mediante gestos naturales, como el movimiento o el tacto mediante los objetos inteligentes o wearables anteriormente citados. (15)

### 2.2.2. Aplicaciones de los sistemas Ambient Assisted Living

Este campo precisamente por sus ventajas de ayudar a personas con discapacidades motrices y sensoriales, ha hecho que normalmente los investigadores se han centrado en los segmentos de población encuadrados dentro de la tercera edad o con severas minusvalías. Tanto por la libertad que les proporciona para vivir independientemente, como los costes asociados que se pueden ahorrar en labores asistenciales.

#### 2.2.2.1. Televigilancia – Teleasistencia

En estas aplicaciones se hace uso intensivo de la visión por ordenador, junto algunos sensores como acelerómetros, para conocer la situación, posición y secuencia de movimientos de las personas estudiadas. Sobre todo en ancianos para evitar caídas peligrosas que se pueden dar al caminar o en la ducha, y que provoquen una emergencia donde el usuario sea incapaz de pedir ayuda por si mismo.

La visión por ordenador obtiene datos que permiten analizar la localización, posición y orientación del usuario, comparándola con librerías de gestos y en la secuencia propia en la que dichos movimientos se producen. Detectando caídas por con un rápido cambio de la posición erguida a la de tumbado en el suelo, sin pasar por la posición agachado y con una rápida aceleración detectada por el acelerómetro.(16)

Otro de los peligros más comunes es que por enfermedad o súbita defunción, los ancianos no sean echados en falta hasta que desgraciadamente sea tarde para remediarlo. Por tanto estas aplicaciones de las tecnologías AAL, también tienen como finalidad asegurarse que el usuario no pase por periodos de inactividad prolongados que puedan implicar un riesgo de salud. Adicionalmente se analizan patrones de actividad como la correcta posología de medicamentos y tratamientos recetados, la calidad y duración del sueño, el número de veces que el usuario ha ido al baño o el refrigerador ha sido abierto ...

## **2. PROPUESTA**

---

### **2.2.2.2. Telemedicina**

Estos sistemas se centran tanto en las aplicaciones clásicas de telemedicina, donde el paciente es consultado por video por el facultativo, y entre ellos hay un intercambio de ficheros multimedia, como fotografías de las áreas afectadas, radiografías o información médica como aquellas que implican datos biométricos.

Se han ido desarrollado kits de sensores biométricos con suficiente sensibilidad, para ser aptos en sus usos médicos y con un precio contenido. Permitiendo tener monitorizado al paciente, adquiriendo en tiempo real sus constantes vitales. Ante cualquier variación fuera de los rangos delimitados como seguros, el sistema envía un aviso de emergencia, que será recibido en una central. Donde tendrán los datos del historial clínico del paciente, junto con sus alergias o contraindicaciones y podrá ser atendido via telemáticamente por un facultativo o ser enviados los equipos de emergencia.

El sistema si goza de la suficiente seguridad y tiene incorporados módulos de domótica, se puede llegar a desbloquear la puerta exterior a los sanitarios. Adoptando otras medidas de seguridad como cerrar instalaciones del hogar como el gas si fuera peligroso para la situación.

### **2.2.2.3. Relaciones interpersonales**

Otro campo de estudio es evitar que estos colectivos se aíslen, perdiendo el arraigo con sus familias. La distancia y otras preocupaciones cotidianas hacen que pierdan el contacto. Este abandono de la cotidianidad de la comunicación, puede llevar a los ancianos a experimentar cuadros depresivos y aislamiento con efectos perjudiciales para su salud tanto física como mental, acelerando su deterioro.

Por ello otras investigaciones se centran en idear formas de mejorar la comunicación utilizando programas de videoconferencia o avisadores mediante objetos inteligentes. (17, 18)

## **2.2.3. Características a valorar en el diseño de un prototipo AAL**

### **2.2.3.1. Interacción**

Debido a que los grupos de usuarios a los que se enfocan dichas aplicaciones tienen sus capacidades de asimilación de las TIC limitadas. En las instalaciones realizadas se aboga por simplificar y adaptar los interfaces de las aplicaciones. Para ello se usan

objetos o tarjetas inteligentes como activadores en entornos de computación ubicua. (19) También se utilizan los ya casi omnipresentes teléfonos inteligentes, con sus pantallas táctiles y lectores NFC. (12)

Respecto al enfoque de la interacción con los usuarios esta tiende a ser multimodal. Se intenta paliar las deficiencias en la percepción de un sentido y se soluciona implicando más de uno, como por ejemplo audio y vista, junto con objetos físicos, ya sean aumentados o inteligentes. (20) Con ello se añade información y propiedades digitales al mundo real, potenciando las propiedades físicas de un objeto, dotándole de capacidad de computación. (21)

Un ejemplo son los dispositivos embebidos que son el núcleo de la revolución de los wearables y el internet de las cosas. Esto hace que los objetos adquieran una conciencia del entorno y unas capacidades de comunicación, tanto con el usuario, con otros objetos inteligentes, y con redes de comunicación como Internet. Estas capacidades les hacen ideales como actuadores y manipuladores de la Realidad Aumentada, siendo un complemento, ya que la Realidad Aumentada por si misma, no altera los objetos reales, simplemente añade una capa información que influye en nuestra percepción, pero no en la propia esencia del objeto en si mismo. (22)

Algunos proyectos empiezan a adoptar las ventajas del internet de las cosas, no solo creando objetos inteligentes, si no siendo utilizados para mejorar la visualización de la información y las alertas generadas a los usuarios. (23, 24)

### 2.2.3.2. Privacidad

Un factor a tener en cuenta cuando se trata de sistemas de tele-asistencia, vigilancia o que simplemente captan la imagen del usuario, su entorno y hábitos como movimientos o patrones de comportamiento. Todos estos elementos tienen consideración de datos de carácter personal por la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal. (25)

En muchos de los proyectos de AAL, enfocados a que las personas mayores tengan tele-asistencia, se contempla que un operador externo se conecte. Ya sea para estudiar los hábitos del usuario, o como operador de una emergencia sanitaria y pueda ver mediante las cámaras instaladas la situación en tiempo real.

Varios estudios contemplan cuatro niveles de privacidad según los datos mostrados (26):

## 2. PROPUESTA

---

- Representación virtual del entorno sin mostrar información del usuario.
- Representación del entorno y de la localización del usuario.
- Representación del entorno y posición en el espacio del usuario.
- Imagen en tiempo real.

Una correcta salvaguarda de la privacidad e intimidad de los usuarios se vera reflejada en una mayor naturalidad en sus comportamientos y en una mayor confianza tanto en el sistema como en los operadores que la supervisan.

### 2.2.3.3. Seguridad Informática

Al establecer un ecosistema digital donde existe la toma de imágenes de los usuarios, análisis de múltiples datos, incluyendo de carácter médico, patrones de comportamiento, hay que establecer elementos que aseguren la seguridad de la instalación en todos sus niveles. A la vez que se asegura la identificación única sin repudio de los administradores del sistema. (27)

Toda esta información que es transmitida normalmente por redes inalámbricas dentro del hogar y habitualmente también por Internet a centros de tele-asistencia. Los datos transmitidos son almacenados en la Nube, generando una problemática que hay que abordar. Se tienen que implementar protocolos de privacidad, para no invadir la privacidad del usuario, simultaneamente sin perder datos sensibles por intrusiones no deseadas, que además puedan generar graves problemas debido al control telemático del entorno, base consustancial de la mayoría de estos proyectos. Cualquier proyecto que tenga observadores externos y donde la información sea transmitida, junto con capacidades de control proporcionadas por elementos domóticos, tiene que cifrar con estándares de seguridad como por ejemplo SSL sus conexiones e información. Además los usuarios tienen que tener sus privilegios de acceso acordes a su nivel de control, siendo identificados sin capacidad de negación ni duda. (27)

### 2.2.3.4. Seguridad Física

Las tecnologías AAL tienen que tener como finalidad reducir el riesgo de accidentes, por descuido del usuario por ejemplo al dejar un fuego o gas encendido. Si estos se

producen paliarlos y dar aviso tanto a familiares, facultativos o autoridades (bomberos, policía), manteniendo una vigilancia sobre las actividades del usuario.

También hay que ser cuidadoso en la propia instalación del sistema, evitando que el sistema quede expuesto. Que los objetos físicos inteligentes o wearables tengan un riesgo en su uso, ya que aunque no sean voltajes y amperajes peligrosos para la mayoría de las personas. Si pueden ser un riesgo de distracción llegado el caso.

Todo elemento que manipule elementos eléctricos, físicos, instalaciones de gas y agua, tiene que ser verificado, mantenido y tener todas las salvaguardas necesarias.

### 2.2.3.5. Consumo

Al utilizar dispositivos electrónicos, dependemos de un consumo energético que los alimente, incluyendo aquellos diseñados para ser portables, o que por facilidad de instalación no han sido diseñados para conectarse a la red eléctrica si no que dependan de pilas o baterías.

Establecer políticas de ahorro energético, donde los sensores solo transmitan información cuando lo pida el sistema, o apagando zonas del sistema que no estén siendo utilizadas, mejorara el rendimiento y la duración de las baterías. (28)

El acceso, duración y cambio de dichas pilas y baterías tiene que ser también prioritario, ya que la imposibilidad de cambiar una de ellas, por su dificultad o posición, mermará las capacidades del sistema y aumentara su coste de mantenimiento.(29)

### 2.2.3.6. Movilidad

Este factor es importante en el uso de dispositivos wearables (tecnología vestible), ya que deben de ser llevados por el usuario, sin que afecten su capacidad de movimiento ni le molesten con su peso. Afortunadamente las plataformas de desarrollo que han surgido, como Arduino Flora permiten funcionar con baterías de litio, un bajo peso y ser programables con gran facilidad. (30, 31)

Otro factor importante al hacer los dispositivos móviles, es que puedan ser retirados y transportados con gran facilidad y sin apenas realizar obra, de una habitación o de una casa a otra. Esto dotará a la instalación de una capacidad de actualización sin generar una problemática compleja asociada a cada mejora. Además es independiente de un lugar, dando una mayor libertad y reusabilidad a los elementos que la compongan, que redundará en la reducción del coste al no tener elementos fijos y permanentes.

## 2. PROPUESTA

---

### 2.2.3.7. Coste

Precisamente ya que estas tecnologías surgen con la finalidad no solo de dotar de calidad de vida a sus usuarios si no abaratar los costes asociados al tratamiento de sus situaciones asistenciales, el precio de las tecnologías es un factor a tener en cuenta.

Las tecnologías escogidas para el prototipo para la realización de esta investigación, se basan en hardware libre y enfocado al prototipado. Adicionalmente son baratas, donde cada elemento cuesta desde céntimos hasta unas pocas decenas de euros. Gracias a tecnologías como las disponibles en un laboratorio de fabricación digital los costes de desarrollo de estas instalaciones son menores.(32) También las herramientas de programación son gratuitas por tanto se intenta que el coste de desarrollo sea el menor posible. (33, 34)

Un coste contenido, la utilización de herramientas y productos no propietarios, y la generación de ficheros digitales de los elementos de la instalación junto con su código para su liberación a la comunidad, permite que sea adoptado universalmente.

### 2.2.4. Tecnologías involucradas en el campo del Ambient Assisted Living

En los apartados anteriores hemos clasificado una serie de campos tecnológicos como la realidad aumentada, la computación ubicua y los espacios y objetos inteligentes. Para poder implementar dichas características necesitaremos utilizar una serie de tecnologías y dispositivos electrónicos que además cumplan las características anteriores como coste, movilidad y energía. Algunos de los bloques básicos de los que se compone la instalación propuesta son los siguientes descritos.

#### 2.2.4.1. Ambient Intelligence (AmI)

La Inteligencia Ambiental puede ser definida como un entorno electrónico sensitivo y adaptativo que responde a las acciones de los usuarios u objetos siendo enfocada a sus necesidades. (35)

La recopilación de la información sobre el entorno y el usuario para que sea analizada y el sistema reaccione, permite crear una inteligencia ambiental. En esta investigación se propone que se realice mediante dos campos tecnológicos. La visión por ordenador y el uso de diferentes tipos de sensores ya sean ambientales o de datos biométricos.(16, 36, 37)

### 2.2.4.2. Sensores

Las tecnologías relacionadas con AAL han estado siempre muy enfocadas a aplicaciones médicas, donde la biométrica, el seguimiento de las constantes vitales, el historial clínico y la administración de medicación o la verificación de la toma de las dosis. (38, 39, 40, 41, 42)

**Sensores de datos biométricos** Muchas aplicaciones de AAL que tienen su finalidad primordial el velar por la salud del usuario utilizan datos biométricos, algunos de los sensores involucrados son:

- Sensores de glucosa para medir el nivel de glucosa en sangre, sobre todo para personas con dolencias diabéticas.
- Sensores de electrocardiograma para medir las pulsaciones y el ritmo cardíaco.
- Sensores galvánicos para medir la sudoración en la piel.
- Oxímetros que miden el oxígeno en sangre junto a pulsaciones.
- Espirómetros para medir la capacidad pulmonar.
- Básculas para medir el peso.
- Termómetros para medir la temperatura corporal.

Otro de los campos más estudiados ha sido el seguimiento y localización de personas mediante sensores en un entorno AAL. (43, 44, 45)

**Sensores de entorno** Estos sensores se centran en obtener datos del ambiente donde se encuentra la instalación. Entre ellos se encuentran:

- Sensores de presencia por infrarrojos (PIR) o ultrasonidos para detectar la presencia y distancia de animal o persona.
- Sensores de temperatura como termostatos o de incendios, que controlan y regulan la temperatura y detectan si hay algún incendio.
- Sensores de presión para detectar la presencia de personas en habitaciones o muebles.

## 2. PROPUESTA

---

- Sensores de gases que miden los niveles de varios gases como el CO<sub>2</sub> para detectar la acumulación nociva de gases que puedan llevar incluso a la muerte.
- Sensores de desbordamiento de líquidos.

Al no centrarse en el estudio de una aplicación de telemedicina, no se usarán en esta investigación sensores biométricos. Sin embargo los sensores de entorno, junto con otros elementos como leds, sonidos, vibradores y actuadores como servos son fundamentales para la funcionalidad del prototipo.

### 2.2.4.3. Cámaras

El uso de cámaras se ha enfocado primordialmente a la captura de imágenes sociales y hechos noticiosos o al campo de la videovigilancia. Es cada vez es más común ver cámaras dedicadas al análisis de los gestos y comportamientos que realizan los usuarios en sus casas. En el caso de usuarios con discapacidades o edad avanzada los eventos que suelen ser analizados son caídas, grandes periodos de inactividad, movimientos erráticos. . .

Cuando estos se producen se desencadenando eventos, actuando en consecuencia y avisando a los actores pertinentes. (37)

En la investigación prevista, no se espera un uso de ellas, ya que la visión por ordenador es un campo muy popular en el estudio de AAL.(36, 46, 47) Por tanto se intenta producir conocimiento en otras áreas, como la visualización de la información o la AmI.

**Cámaras de video RGB** La imagen en color es procesada intentando separar el usuario del fondo y analizando los patrones y bordes para captar su posición comparándola con una serie de posiciones prefijadas. (48)

**Cámaras de video RGB-D** Añadiendo a la imagen a color, datos de profundidad, obtenemos un esqueleto dinámico que refleja la posición del cuerpo del usuario, junto con su posición en el eje z del espacio, gracias a esos datos de profundidad normalmente por el distorsión causada en una matriz de puntos emitidos por infrarrojos. El sensor más conocido en este aspecto es el Microsoft Kinect ®. Al tener múltiples librerías que permite a los desarrolladores interactuar con el.



Los datos de este esqueleto virtual se comparan con dichas tablas de posiciones, incluyendo las posiciones previas y el intervalo entre ellas, por ejemplo para detectar caídas.

### 2.2.4.4. Etiquetas inteligentes

Las tecnologías de Identificación por RadioFrecuencia (RFID) o Campo de Comunicación Cercano (NFC) se utilizan en gran cantidad de proyectos de Inteligencia Ambienta (AmI) o Ambient Assited Living (AAL), ya que dichos proyectos necesitan información del contexto en el que el usuario se mueve y las acciones que se realizan. (49)

**RFID - Identificación por RadioFrecuencia (RFID)** La tecnología RFID es una tecnología de bajo coste y flexible, ya probada en campos como el control de acceso, la identificación, la localización de inventario y la venta al por menor. Siendo una de las tecnologías más usadas en varios campos de investigación sobre usabilidad siendo de interés sus aplicaciones en AAL y AmI.(19, 50)

Las etiquetas RFID que se usan son pasivas, contienen un chip con la información y una antena para amplificar la señal que llega al lector. Precisamente al no tener las etiquetas elementos activos no consumen energía. La especificación RFID también acepta etiquetas semiactivas y activas, que consumen energía pero tienen mayor fiabilidad de interconexión y mayor rango. Es una tecnología que no necesita el contacto directo, sino que las etiquetas son leídas desde unas decenas de centímetros hasta un par de metros.

Trabaja con las siguientes frecuencias : LF (125KHz-148 MHz)m HF (13,56 MHz), UDF (868 MHz, 915 MHz). El rango del lector se incrementa cuanto mayor es la frecuencia, a la par que se incrementa su sensibilidad a interferencias por metales o líquidos. (51) La baja frecuencia (LF) es usada para identificación animal como los chips que llevan las mascotas. La alta frecuencia (HF) es usado típicamente para control de acceso como llaveros o tarjetas inteligentes. Finalmente la ultra alta frecuencia (UHF) es usada para el seguimiento de objetos o seres vivos.(52)

**NFC – Comunicación de campo cercano** Esta basado en la especificación ISO 14443 (RFID, radio-frequency identification) usando la alta frecuencia situada en los

## 2. PROPUESTA

---

13,56 MHz, por que comparte muchas características con RFID.(53) Usando dispositivos y etiquetas tanto activas como pasivas para intercambiar información de manera inalámbrica y sin necesidad de contacto dentro de un corto alcance, entorno a los 20 centímetros, por lo tanto un rango más pequeño que el RFID. (54)

La ventaja de esta nueva tecnología es que muchos de los nuevos teléfonos tienen chips y antenas NFC para crear los campos electromagnéticos en dicha especificación, lo que posibilita por ejemplo el pago electrónico, usado por las plataformas Google Wallet y Apple Pay.(55)

Elementos de identificación como pasaportes o DNI están adoptando en sus nuevas versiones chips NFC, para ser identificados mediante dispositivos móviles tanto para controles rutinarios de identidad por las fuerzas del orden o en las fronteras como los aeropuertos. Estos documentos también permiten la realización de gestiones documentales o la identificación única del usuario en sistemas electrónicos.(56)

La tecnología NFC se ha usado para establecer interfaces ubicuos basados en etiquetas inteligentes para sustituir operaciones complejas en interfaces táctiles, sobre todo para personas mayores que se adaptan más difícilmente a la tecnología actual.(57)

**Etiquetas de Realidad Aumentada y códigos QR** Códigos binarios impresos que sirven para ser leídos por lectores de códigos o por visión por ordenador, que sirven para desencadenar eventos, o para facilitar el seguimiento de un objeto en el espacio físico mediante cámaras de video. A pesar de ser objetos visuales, es posible adaptarlos para personas con discapacidades visuales, leyendo las etiquetas mediante voz sintetizada. (58)

### 2.2.5. Protocolos de comunicación inalámbrica

Así tras analizar los principales elementos que construyen las diferentes aplicaciones de AAL, vemos una serie de tendencias comunes. Entre ellas gracias a la proliferación de las comunicaciones inalámbricas, todos los nuevos desarrollos la utilizan para abaratar y facilitar la conversión de un hogar normal a un entorno inteligente. Si hay problemas en dichas conexiones, se utilizan dispositivos que aprovechen la instalación eléctrica para transmitir datos como Zigbee o mediante PLC.(59? )

Las comunicaciones inalámbricas presentan varias ventajas frente a las conectadas mediante cable, al dotar al usuario de una mayor movilidad, pudiendo conectarse con

un dispositivo a todo el sistema instalado en una casa, sin tener que andar cambiando de tomas al trasladarse de habitación.

Su instalación es más sencilla, al no tener que cablear todo el espacio y posteriormente arreglar los desperfectos estéticos causados o simular la propia instalación. Lo que redundaría en el abaratamiento y rapidez de dotar una casa de dichas infraestructuras de comunicación.

### 2.2.5.1. Bluetooth

Protocolo de comunicaciones centrado en crear redes personales entre dispositivos, con un bajo consumo energético y corto alcance de manera inalámbrica. (60)

Su consumo energético es 40 mA transmitiendo y 0,2 mA en reposo operando en la frecuencia de radio de 2,4 a 2.48 GHz con saltos de frecuencia y pudiendo transmitir en Full Duplex. La última versión disponible es la versión 4.0 lanzada al mercado en el año (? )

### 2.2.5.2. Zigbee

Zigbee es una tecnología inalámbrica de bajo coste, amplio rango y diseñada en el año 2004 por la Alianza Zigbee, bajo el estándar IEEE802.15.4 de 2003, cumpliendo con los requisitos de nivel físico y control de acceso al medio (MAC). Posteriormente se desarrolló en los años 2006 y 2007 revisiones con importantes mejoras denominadas PRO, pero que son incompatibles con versiones previas.(61)

Al tener un bajo consumo lo hace ideal junto a sus configuraciones de red nodal, para crear redes inalámbricas de sensores (Wireless Sensor Networks), que puedan operar durante mucho tiempo sin tener que cambiar la batería o conectarse a la red eléctrica y que el fallo de un nodo no afecte excesivamente a la comunicación global de la red. ZigBee tiene un consumo de 30 mA transmitiendo y de 3 micro amperios en reposo. Ya que su especificación permite que el dispositivo quede latente apenas necesitando energía y solo transmitiendo o recibiendo cuando es necesario o ha sido programado. (? )

Esta tecnología opera usando la banda ISM (Industrial, Scientific and Medical) cuyas frecuencias son en casi todos los países el rango de 2.4 GHz, junto a las frecuencias de 784 MHz en China, 868 MHz en Europa y 915 MHz en Estados Unidos y Australia.

## 2. PROPUESTA

---

Dependiendo de la frecuencia su tasa de transmisión y alcance varían, desde los 20 kbit/s (868 MHz) hasta los 250 kbit/s (2.4 GHz). (62)

Una variante muy usada en prototipado y microcontroladores son los dispositivos Xbee, siendo estos los utilizados para realizar las pruebas que implican este proyecto de investigación, al tener su compatibilidad con las plataformas Arduino y Raspberry PI. (63)

Es importante recalcar que los dispositivos aparte de ser certificados, sean del mismo tipo o normales o PRO para evitar los conflictos de incompatibilidad.

**Cuadro 2.1:** Comparativa de tecnologías Wireles por I.Caballero et as (2011).

Tipo	ANT	Zigbee	Bluetooth
Estándar	Propietario	IEEE802.15.4	IEEE802.15.1
Aplicaciones	PANs y WSNs	PANs y WSNs	PANs
Duración de la Batería	Años	Meses/Años	Días
Nodos Máximos	232	264	7
Ratio de Transmisión (kbits/s)	1000	250	1000
Rango	De 1 a 30 metros	Más de 100 metros	De 1 a 10 metros
Topologías	P2P, Estrella, Árbol, Malla	P2P, Estrella, Árbol, Malla	P2P, Estrella

### 2.3. Hipótesis, preguntas de investigación y objetivos

#### 2.3.1. Hipótesis

El uso de la computación ubicua mediante el uso de Realidad Aumentada en conjunción con Objetos Inteligentes y Wearables, mejora la percepción y usabilidad en entornos de Ambient Assisted Living para usuarios con discapacidades sensoriales y cognitivas.

#### 2.3.2. Preguntas de investigación y objetivos

*¿Qué métodos de interacción son más fáciles de utilizar e instalar en instalaciones de assisted ambient living (AAL)?*

- Identificar dichos métodos, incluyendo factores de usabilidad, percepción, facilidad de uso y coste de mantenimiento, integración e instalación.

*¿Se puede vincular métodos de interacción sin contacto o etiquetas inteligentes con elementos que potencien la asociación? ¿Sirven para mejorar la comprensión del sistema y combatir la degeneración cognitiva?*

- Utilizar etiquetas inteligentes NFC, RFID, QR o Códigos de Barras en objetos inteligentes o elementos impresos como tarjetas o fotografías que se asemejen o se asocien a acciones y personas

*¿Qué formas y elementos de visualización son los más adecuados? ¿La combinación de varios estímulos orientados a diferentes sentidos ayuda o dificulta la percepción?*

- Identificar cual son los problemas de percepción entre los usuarios

*¿La Realidad Aumentada es factible? ¿Los usuarios reaccionan positivamente a dicha tecnología?*

- Identificar qué elementos son imprescindibles para una buena experiencia de Realidad Aumentada.
- Calibrar si el tamaño, dificultad de instalación, costes de mantenimiento y posterior efectividad lo hacen viable para instalaciones en los hogares.

## 2. PROPUESTA

---

*¿Es factible incorporar Smart Objects y Wearables? ¿Qué ventajas y complicaciones añaden al sistema? ¿Cuáles son las mejores opciones en formato, datos que proporcionan y acciones que realizan?*

- Analizar los retos de diseño de Smart Objects y Wearables (tamaño, coste, comunicación, sensores, programación, actuadores..)

*¿Qué plataforma de hardware y lenguaje de programación son los más adecuados y eficientes para la realización del Proyecto? ¿Hay una combinación que solventa todos los retos o es mejor una mezcla de varias soluciones?*

- Identificar plataformas de hardware de prototipado, valorando factores como coste, adaptabilidad y tamaño.
- Identificar lenguajes y librerías de programación, normalmente englobadas en la programación creativa, en las que el sistema pueda programarse.
- Valorar la posibilidad de controles maestros en aplicaciones móviles.
- Realizar pruebas de rendimiento de las soluciones encontradas.

*Analizar su encaje real en un proyecto*

- ¿Los usuarios prefieren interactuar con elementos tradicionales, o con superficies táctiles es suficiente?
- ¿Los usuarios se acuerdan de llevar puesto un wearable?

*¿Los dispositivos se comunican de con un mismo protocolo?*

- Identificar los protocolos de comunicación (Serial, OSC) y los canales físicos por los que se transmiten (Bluetooth, Wifi, Radiofrecuencia, Infrarrojos).
- Establecer puertas de enlace que permitan una comunicación fluida y estandarizada.

*¿Se puede verificar que la aplicación cumple con las buenas normas y estándares asociados?*

- Identificar la normativa vigente y aplicable a las instalaciones necesarias para el correcto funcionamiento.

- Identificar buenas prácticas recurrentes y marcos de trabajo que permitan verificar si la instalación los cumple (Usabilidad, Adaptabilidad, Seguridad...)
- Identificar posibles ayudas que la Unión Europea ofrezca a estos proyectos.

*¿El sistema es lo suficientemente seguro, simple y eficiente, que puede ser usado por personas con capacidades de razonamiento disminuidas? ¿El sistema es apto para el uso por niños o animales asistenciales?*

- Realizar test de laboratorio orientados a estos grupos específicos.
- Investigar los mejores métodos de interacción y visualización para animales asistenciales

## 2.4. Metodología de investigación

Este Trabajo de Fin de Master tiene un gran componente de investigación que se adapta bastante bien a la metodología que se ha estudiado durante todo el curso y que es denominada Diseño y Creación. (64) Esto se debe a que hay que construir y programar un prototipo real que sirva para generar los datos básicos de la investigación. Incluyendo diseños de caso y experimentos para verificar la hipótesis principal. Como se ha vislumbrado a lo largo de otras asignaturas del máster, en la realización de muchas investigaciones se mezclan diferentes enfoques y estrategias para alcanzar los objetivos planteados y obtener los datos necesarios para su verificación.

También este prototipo generara documentación sobre los retos de diseño, soluciones a las problemáticas encontradas, código generado, mejores combinaciones de software y hardware encontradas, quizás incluso algún diseño de circuitos para cumplir dichos retos. (65)

### 2.4.1. Basada en documentos

Gran parte de la investigación no solo se cimenta en los resultados de los datos obtenidos por los estudios de caso y experimentos. Una gran parte provendrá del análisis de otros estudios, proyectos, artículos y documentos que hayan sido publicados en ámbito del Ambient Assisted Living y campos afines como computación ubicua. (15)

## 2. PROPUESTA

---

También se necesita identificar y usar los marcos de trabajo y recomendaciones relacionadas, entre ellas las referentes a usabilidad, privacidad, accesibilidad, seguridad tanto física como informática y energética. Podrá construirse un marco general con las mejores prácticas descubiertas que será usado para la validación del prototipo.

### 2.4.2. Entrevistas y Cuestionarios

Se realizarán entrevistas a los usuarios y sus familias, para conocer sus necesidades, sus impresiones y sus valoraciones. Esto nos dará datos cualitativos sobre su experiencia y retroalimentación con el sistema y datos cuantitativos ya que podemos realizar cuestionarios con tablas de puntuación que nos darán unos valores numéricos que podremos analizar. Como por ejemplo escalas graduadas desde el 1 al 5 o 10. Qué versaran sobre la satisfacción o utilidad de cada una de las características del sistema.

Las entrevistas a expertos, nos darán unas pautas y consejos que podremos plasmar no solo en el diseño si no crear unos marcos de trabajo que sean útiles y que se unirán al cuerpo de conocimiento que hemos desarrollado y acumulado con la investigación.

- También se validará en los aspectos de usabilidad, seguridad y privacidad.
- El rendimiento de las plataformas se harán ciertos workbench y mediciones de tiempos.
- Dependiendo de todo el proceso anterior se procederá a diseñar ciertos estudios de caso, si es factible en entornos reales para detectar los errores de diseño y observar los problemas de los usuarios.

### 2.4.3. Evaluaciones de Usabilidad y otros factores HCI

Hemos insistido que gracias a los documentos y a las entrevistas y cuestionarios podremos obtener una serie de marcos de trabajo para evaluar la usabilidad, privacidad, accesibilidad... (44, 66, 67, 68, 69, 70)

Las evaluaciones nos darán tanto datos cualitativos como cuantificativos que podrán ser analizados matemáticamente dando a conocer el porcentaje de adecuación del proyecto. Es posible generar modelos de uso, señalando los métodos de interacción más usados o mejor percibidos por los usuarios. Descubriendo si varios modos de interacción generan una sinergia.



### 2.4.4. Test de Rendimiento

Utilizando varias herramientas de workbench, probar la eficiencia, tiempo, energía, duración de batería y recursos computacionales que utiliza el sistema en cada una de sus diferentes configuraciones. Nos dará datos cuantitativos que podremos analizar en diagramas.

### 2.4.5. Test de Laboratorio – Estudio de Casos – Experimentos

Mediante la observación de las tareas propuestas, tanto en entornos controlados como ya en producción con usuarios reales, o simplemente al libre albedrío del usuario en su día a día, junto con el análisis de los logs del sistema durante la ejecución obtendremos datos cualitativos sobre la ejecución y si se han completado todos los objetivos marcados o si se detectan problemas.

Algunos ejemplos serán reproducibles por lo que se podrá hacer guías de experimento que conducirán a guías de usuario.

### 2.4.6. Herramientas para análisis de datos matemáticos

El análisis de los datos se ha realizado a lo largo del Máster con la herramienta SPSS. Aunque quizás para finalidades no solo de análisis sino de visualización en tiempo real, sea más adecuado el lenguaje de programación R. Este es uno de la formación que idealmente puede completarse en plataformas de formación online. (71)

## 2.5. Plan de investigación

La duración esperada de realización de la tesis es de 3 años a dedicación plena, aunque dicho plazo es ampliable. También existe la opción de a tiempo parcial de 5 años para estudiantes a distancia. Los objetivos de este alumno, son de 3 años, aunque escoja la modalidad de tiempo parcial. Todo dependerá tanto del tiempo invertido como de las complicaciones propias de una investigación de este nivel.

La UOC tiene un calendario con alguna de las actividades que un alumno de doctorado tiene que desarrollar divididas en semestres. Así tendremos que contar con los diferentes estudios que desde el doctorado y nuestro tutor consideren necesarios para una correcta formación, incluyendo varios seminarios de investigación.

## 2. PROPUESTA

---

**Participación en el Seminario de investigación del doctorado - Febrero 2016 - Junio 2016** Dentro de nuestra labor investigadora debemos de fomentar la investigación con proyectos que ahondarán en áreas vitales para nuestro doctorado a la vez que aprendemos a elaborar documentos científicos.

**Consolidación de fuentes fiables - Febrero 2016 – Abril 2016** Identificar revistas, publicaciones y autores relevantes en el campo de la AAL, y otros campos que se hayan identificados vitales para la investigación. También identificar seminarios y reuniones que sean interesantes, incluyendo la posibilidad de en futuras ediciones visitarlas.

**Adquisición de competencias necesarias - Marzo 2016 – Junio 2016** Identificar las lagunas en la formación de competencias vitales para la realización del proyecto de investigación como por ejemplo programación en algunos lenguajes, o plataformas de desarrollo de Realidad Aumentada.

**Elaboración de un diagrama y esquema básico de la instalación AAL - Abril 2016** Qué zonas de una casa de analizarían, que elementos de hardware se necesitarían, que características tendría el programa, como se realizaría el cableado o las zonas de cobertura de comunicación inalámbrica.

**Entrevistas con personas y expertos - Mayo 2016** Realizar una encuesta entre los profesionales dedicados a los cuidados de personas con discapacidades similares a las que esté enfocado el proyecto. Incluyendo a los propios usuarios y sus familiares. Entre los posibles entrevistados tendremos ancianos, doctores en varias disciplinas, familiares de discapacitados físicos y cognitivos. También al ser un objetivo la adaptación a animales, se incluirá a adiestradores para conocer mejor que estímulos y formas de interacción serán los más adecuados. Normalmente se adopta sonidos y botones junto con tiradores grandes.

**Estado del Arte - Septiembre 2016 – Noviembre 2016** Elaboración del estado del Arte con todo lo anteriormente desarrollado y enfocado en la forma que se haya decidido en los pasos previos. Al ser un proyecto de investigación vivo, este documento

se ira adaptando a los cambios tanto del prototipo como de las tecnologías que hayan ido apareciendo a lo largo del proceso de investigación.

**Prototipado de la Instalación sin incorporarla a un espacio – Octubre 2016 – Marzo 2017** Tras haber realizado el estudio previo con el diagrama necesario y las buenas prácticas encontradas en el estado del arte, se procederá a crear un prototipo de la instalación y todos sus elementos, incluyendo el sistema de proyección de realidad aumentada, los Smart objects y wearables necesarios y el sistema de control de la aplicación AAL. Verificando que todo funcione y se conecte pero sin realizar una instalación definitiva.

**Programación – Interacción – Marzo 2017- Junio 2017** Tras tener el prototipo funcional, es tiempo de realizar toda la programación necesaria, sobre todo las condiciones lógicas en las que reaccionará el sistema, tales como eventos del sistema, fuego, comida hecha, llamada externa... También se implementara la forma de interacción con el sistema, incluyendo un control maestro.

**Consolidación de datos - Junio 2017 – Septiembre 2017** Aparte de disfrutar de tiempo de descanso. Este periodo se utilizara para comprobar que el proyecto sigue en su curso, y adaptar la planificación posibles a retrasos o complicaciones encontradas. Opcionalmente si la investigación ha encontrado material suficiente puede ser un buen momento para hacer un pequeño artículo científico para ser presentado a revisión de pares. Por ejemplo uno que verse sobre la interacción de los animales y el sistema, el proceso de adiestramiento utilizado y si hay una mejora en la percepción por el uso de avisos multisensoriales (audio, imagen y vibración).

También puede ser un buen momento para aprovechar el periodo vacacional para asistir alguno de los congresos identificados previamente.

**Instalación – Septiembre 2017 – Octubre 2017** Tras finalizar el prototipado al que se ha dedicado bastante tiempo en esta planificación. Se espera tener una versión Beta del sistema, incluyendo ya versiones definitivas de los elementos electrónicos, pudiendo ser estos ya fabricados. Las versiones de prototipo suelen ser más voluminosas, ya que contienen más elementos de los necesarios. Las versiones definitivas deberían de

## 2. PROPUESTA

---

cumplir con los requisitos de tamaño y consumo que permitan una instalación sencilla en un laboratorio de pruebas. Si es factible en un hogar real con ciertos requisitos.

### **Diseño del Front-End final y contenido – Noviembre 2017 – Enero 2018**

Adecuar la forma final de interacción y el contenido que se muestre. Si se ha optado por un fuerte contenido visual, tendríamos que diseñar las imágenes que se proyecten al usuario, con una coherencia gráfica, incluyendo los colores que muestren las alertas visuales y el tipo de sonido de las auditivas. Si hay que diseñar algún controlador o adaptar por ejemplo un mando a distancia.

### **Diseño de los experimentos – Diciembre 2017**

Una vez identificado las características y capacidades finales del prototipo, se diseñaran los experimentos y casos que puedan validar nuestra hipótesis.

### **Consolidación de la investigación realizada en el documento de Tesis – Enero 2018 – Marzo 2018**

Llegado a este punto habremos generado mucho conocimiento que deberemos de plasmar en un discurso organizado en nuestra Tesis Doctoral. Esto ha debido de ser un conjunto de actividades que se han completado tras finalizar cada una de las etapas de desarrollo y que por motivos de simplicidad se agrupan aquí. La Introducción, características, motivación y descubrimientos realizados deberían ya de tener una representación escrita aunque sea un simple esqueleto.

### **Realización y estudio de los casos y experimentos realizados – Enero 2018 – Abril 2018**

Se llevaran acabo las baterías de pruebas previstas para la validación de las tesis, incluyendo la observación de los usuarios, entrevistas con las personas involucradas, los datos almacenados en los registros que hayamos programado. . .

### **Análisis de Datos – Abril 2018 – Mayo 2018**

Todos los datos que hemos obtenido en las fases previas, deberían de ser analizados, cotejados, verificados y extraer las conclusiones pertinentes, para su plasmación en la Tesis.

### **Actualización del Estado del Arte - Abril 2018**

Comprobar que el Estado del Arte se encuentra actualizado, ya que aunque sea un plazo de tiempo corto, puede que hayan surgido nuevos productos y tecnologías.

**Finalización de Tesis – Abril 2018 – Mayo 2018** Al igual que la consolidaciones que se han ido realizando a lo largo del proceso de investigación, este paso consiste en ya la escritura y rescritura final de todas las partes. Incorporando los datos que hemos analizado.

**Maquetación en Látex y Lectura en búsqueda de erratas - Junio – 2018** Proceso en el cual se acaba de adaptar el documento a las últimas especificaciones de los requisitos para su publicación y relecturas varias para asegurar que no existan erratas ni faltas de coherencia interna.

**Lectura y defensa de la tesis doctoral - Junio de 2018** Ante un comité de la universidad se realiza la lectura de la tesis y la defensa argumental de la hipótesis para comprobar su veracidad y verificabilidad.

## 2. PROPUESTA

---

## 3

# Director de tesis

### 3.1. Propuesta de director

Enric Guaus (Barcelona, 1974) es investigador en sonido e informática musical en el Grupo de Tecnología Musical de la Universidad Pompeu Fabra (UPF), y profesor en el Departamento de Sonología, en la Escuela Superior de Música de Cataluña (ESMUC). Obtuvo un doctorado en Ciencias de la Computación y Comunicaciones Digitales (UPF), en 2009, con una tesis sobre clasificación automática de los géneros de la música. Sus líneas de investigación abarcan la recuperación de información de la música y las interfaces humanas para instrumentos musicales. Es profesor asistente en ingeniería acústica de la Universitat Pompeu Fabra (UPF) y profesor de matemáticas, electrónica y informática en la Escuela Superior de Música de Cataluña (ESMUC). Es también profesor consultor de la Universitat Oberta de Catalunya (UOC) y colaborador en diferentes programas de maestría. Es miembro del Observatorio de prevención auditiva para los músicos (OPAM) y de la Barcelona Laptop Orchestra.

### 3.2. Relación con la UOC

El investigador ha realizado sus estudios universitarios gracias al sistema de e-learning de la Universitat Oberta de Catalunya, habiendo cursado el Grado en Multimedia y el Master en Aplicaciones Multimedia. Conocedor de las ventajas del modelo formativo de la UOC junto a sus programas pioneros de doctorado, considera una excelente opción realizar su investigación de doctorado en ella.

### 3. DIRECTOR DE TESIS

---



# Bibliografía

- [1] INE.ES. **INEbase / Demografía y población / Cifras de población y censos demográficos / Cifras de Población**, 2015. 1
- [2] K. GIANNAKOURIS. **Ageing characterises the demographic perspectives of the European societies**. *Eurostat: Statistics in focus*, **72/2008**, 2008. 1, 3
- [3] G. LANZIERI. **EUROPOP2008: A set of population projections for the European Union**. Marrakech, 2009. 1
- [4] SANJIV KUMAR AND GS PREETHA. **Health Promotion: An Effective Tool for Global Health**. **37(1)**:5–12. 1
- [5] MARC WORTMANN. **Dementia: a global health priority - highlights from an ADI and World Health Organization report**. **4(5)**:40–40. 1
- [6] THIBAUT MURA, J-F DARTIGUES, AND CLAUDINE BERR. **How many dementia cases in France and Europe? Alternative projections and scenarios 2010–2050**. *European Journal of Neurology*, **17(2)**:252–259, 2010. 1
- [7] WHO.INT. **WHO | Diabetes**, 2015. 1
- [8] AAL-EUROPE.EU. **About | AMBIENT ASSISTED LIVING JOINT PROGRAMME**, 2015. 2, 4
- [9] FAUSTO.J.SAINZ SALCES, MICHAEL BASKETT, DAVID LLEWELLYN-JONES, AND DAVID ENGLAND. **Ambient Interfaces for Elderly People at Home**. In YANG CAI AND JULIO ABASCAL, editors, *Ambient Intelligence in Everyday Life*, **3864**, pages 256–284. Springer Berlin Heidelberg, 2006. 5
- [10] ERWIN.R. VAN VELDHOVEN, MARTIJN.H. VASTENBURG, AND DAVID.V. KEYSON. **Designing an Interactive Messaging and Reminder Display for Elderly**. In EMILE AARTS, JAMES.L. CROWLEY, BORIS DE RUYTER, HEINZ GERHÄUSER, ALEXANDER PFLAUM, JANINA SCHMIDT, AND REINER WICHERT, editors, *Ambient Intelligence*, **5355**, pages 126–140. Springer Berlin Heidelberg, 2008. 5
- [11] PAUL MILGRAM AND HERMAN COLQUHOUN JR. **A Taxonomy of Real and Virtual World Display Integration**, 1999. 5
- [12] GERD KORTUEM, FAHIM KAWSAR, DANIEL FITTON, AND VASUGHI SUNDRAMOORTHY. **Smart Objects as Building Blocks for the Internet of Things**. **14(1)**:44–51, 2010. WOS:000273340500018. 6, 9
- [13] ES.WIKIPEDIA.ORG. **Internet de las cosas**, 2015. 6
- [14] DIANE J. COOK, JUAN C. AUGUSTO, AND VIKRAMADITYA R. JAKKULA. **Ambient intelligence: Technologies, applications, and opportunities**. **5(4)**:277–298. WOS:000208396300001. 6
- [15] ARNAB SINHA AND PAUL COUDERC. **A Framework for Interacting Smart Objects**. In SERGEY BALANDIN, SERGEY ANDREEV, AND YEVGENI KOUCHERYAVY, editors, *Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networking*, **8121**, pages 72–83. Springer Berlin Heidelberg, 2013. 7, 21
- [16] MIGUELA. LAGUNA AND JAVIER FINAT. **Remote Monitoring and Fall Detection: Multiplatform Java Based Mobile Applications**. In JOSÉ BRAVO, RAMÓN HERVÁS, AND VLADIMIR VILLARREAL, editors, *Ambient Assisted Living*, **6693** of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 1–8. Springer Berlin Heidelberg. 7, 12
- [17] DIEGO MUÑOZ, FRANCISCO GUTIERREZ, SERGIO.F. OCHOA, AND NELSON BALOIAN. **Enhancing Social Interaction between Older Adults and Their Families**. In CHRISTOPHER NUGENT, ANTONIO CORONATO, AND JOSÉ BRAVO, editors, *Ambient Assisted Living and Active Aging*, **8277** of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 47–54. Springer International Publishing. 8
- [18] EVA HIDALGO, LUIS CASTILLO, R.IGNACIO MADRID, ÓSCAR GARCÍA-PÉREZ, M.R. CABELLO, AND J. FDEZ-OLIVARES. **ATHENA: Smart Process Management for Daily Activity Planning for Cognitive Impairment**. In JOSÉ BRAVO, RAMÓN HERVÁS, AND VLADIMIR VILLARREAL, editors, *Ambient Assisted Living*, **6693** of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 65–72. Springer Berlin Heidelberg. 8
- [19] DIEGO LOPEZ-DE IPINA, IGNACIO DIAZ-DE SARRALDE, AND JAVIER GARCIA-ZUBIA. **An Ambient Assisted Living Platform Integrating RFID Data-on-Tag Care Annotations and Twitter**. **16(12)**:1521–1538. WOS:000282704400004. 9, 15
- [20] RAINER HUBER, MARKUS MEIS, KARIN KLINK, CHRISTIAN BARTSCH, AND JOERG BITZER. **Audio reproduction for personal ambient home assistance: concepts and evaluations for normal-hearing and hearing-impaired persons**. **39(3)**:188–209. WOS:000341289200003. 9
- [21] B. REEDER, J. CHUNG, T. LE, H. THOMPSON, AND G. DEMIRIS. **Assessing Older Adults’ Perceptions of Sensor Data and Designing Visual Displays for Ambient Environments**. **53(3)**:152–159. WOS:000336353400002. 9
- [22] JENNICA FALK, JOHAN REDSTRÖM, AND STAFFAN BJÖRK. **Amplifying Reality**. In HANS-W. GELLERSEN, editor, *Handheld and Ubiquitous Computing*, **1707** of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 274–279. Springer Berlin Heidelberg, 1999. 3, 9
- [23] GUSTAVOLÓPEZ HERRERA, MARIANA LÓPEZ, AND LUISA. GUERRERO. **Development and Evaluation of an Augmented Object for Notifications of Particular Emails**. In CHRISTOPHER NUGENT, ANTONIO CORONATO, AND JOSÉ BRAVO, editors, *Ambient Assisted Living*

## BIBLIOGRAFÍA

---

- and Active Aging*, 8277 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 128–131. Springer International Publishing, 9
- [24] GUSTAVO LÓPEZ, MARIANA LÓPEZ, AND LUIS A. GUERRERO. **An Augmented Object Prototype for Helping to Prevent the Sudden Infant Death Syndrome**. In CHRISTOPHER NUGENT, ANTONIO CORONATO, AND JOSÉ BRAVO, editors, *Ambient Assisted Living and Active Aging*, 8277 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 132–135. Springer International Publishing, 9
- [25] BOE. Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal, 2011. 9
- [26] MIGUEL ÁNGEL VALERO, JOSÉ BRAVO, JUAN MANUEL GARCÍA, DIEGO LÓPEZ-DE IPIÑA, AND ANA GÓMEZ. **A Knowledge Based Framework to Support Active Aging at Home Based Environments**. In CHRISTOPHER NUGENT, ANTONIO CORONATO, AND JOSÉ BRAVO, editors, *Ambient Assisted Living and Active Aging*, 8277 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 1–8. Springer International Publishing, 9
- [27] JÖRN-MARC SCHMIDT. **Secure Implementations for the Internet of Things**. In MARC JOYE, DEBDEEP MUKHOPADHYAY, AND MICHAEL TUNSTALL, editors, *Security Aspects in Information Technology*, 7011, pages 2–2. Springer Berlin Heidelberg, 10
- [28] FRANCISCO J. FERNANDEZ-LUQUE, DAVID PEREZ, FELIX MARTINEZ, GINES DOMENECH, ISABEL NAVARRETE, JUAN ZAPATA, AND RAMON RUIZ. **An energy efficient middleware for an ad-hoc AAL wireless sensor network**. 11(3):907–925, 2013. WOS:000317887300013. 11
- [29] JORGE L. FALCÓ, ESTEBAN VAQUERIZO, LUIS LAIN, JOSE IGNACIO ARTIGAS, AND ALEJANDRO IBARZ. **AmI and Deployment Considerations in AAL Services Provision for Elderly Independent Living: The MonAMI Project**. *Sensors*, 13(7):8950–8976, 2013. 11
- [30] TONY OLSSON. *Arduino Wearables*. Apress, Berkely, CA, USA, 1st edition, 2012. 11
- [31] LENA BERGLIN. *Smart Textiles and Wearable Technology*. 2013. 11
- [32] ES.WIKIPEDIA.ORG. Fab lab, 2015. 12
- [33] JAN BORCHERS. **An Internet of Custom-Made Things: From 3D Printing and Personal Fabrication to Personal Design of Interactive Devices**. In FLORIAN DANIEL, PETER DOLOG, AND QING LI, editors, *Web Engineering*, 7977, pages 6–6. Springer Berlin Heidelberg, 2013. 12
- [34] XIAOLING WEI AND QIULI QIN. **The Design and Application of Low-Cost Smart Home Under the Internet of Things and Cloud Computing Platform**. In ZHENJI ZHANG, RUNTONG ZHANG, AND JULIANG ZHANG, editors, *LISS 2012*, pages 959–965. Springer Berlin Heidelberg, 2013. 12
- [35] EMILE AARTS AND REINER WICHERT. *Ambient Intelligence*. In *Technology Guide*. Springer, 2009. 12
- [36] ALEXANDROS ANDRE CHAARAOUI, PAU CLIMENT-PEREZ, AND FRANCISCO FLOREZ-REVUELTA. **A review on vision techniques applied to Human Behaviour Analysis for Ambient-Assisted Living**. 39(12):10873–10888. WOS:000305863300055. 12, 14
- [37] ALEXANDROS ANDRE CHAARAOUI, JOSÉ RAMÓN PADILLA-LÓPEZ, FRANCISCO JAVIER FERRÁNDEZ-PASTOR, JUAN MANUEL GARCÍA-CHAMIZO, MARIO NIETO-HIDALGO, VICENTE ROMACHO-AGUD, AND FRANCISCO FLÓREZ-REVUELTA. **A Vision System for Intelligent Monitoring of Activities of Daily Living at Home**. In CHRISTOPHER NUGENT, ANTONIO CORONATO, AND JOSÉ BRAVO, editors, *Ambient Assisted Living and Active Aging*, 8277 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 96–99. Springer International Publishing, 12, 14
- [38] MUKHTIAR MEMON, STEFAN RAHR WAGNER, CHRISTIAN FISCHER PEDERSEN, FEMINA HASSAN AYSHA BEEVI, AND FINN OVERGAARD HANSEN. **Ambient Assisted Living Healthcare Frameworks, Platforms, Standards, and Quality Attributes**. 14(3):4312–4341. WOS:000336783300029. 13
- [39] REINHOLD HAUX, ANDREAS HEIN, GERALD KOLB, HARALD KUENEMUND, MARCO EICHELBERG, JENS-E. APPELL, H.-JUERGEN APPELRATH, CHRISTIAN BARTSCH, JUERGEN M. BAUER, MARCUS BECKER, PETRA BENTE, JOERG BITZER, SUSANNE BOLL, FELIX BUESCHING, LENA DASENBROCK, RIANA DEPARADE, DOMINIC DEPNER, KATHARINA ELBERS, UWE FACHINGER, JULIANE FELBER, FLORIAN FELDWIESER, ANNE FORBERG, MATTHIAS GIETZELT, STEFAN GOETZE, MEHMET GOEVERCIN, AXEL HELMER, TOBIAS HERZKE, TOBIAS HESSELMANN, WILKO HEUTEN, RAINER HUBER, MANFRED HUELSKEN-GIESLER, GEROLD JACOBS, ELKE KALBE, ARNO KERLING, TIMO KLINGEBERG, YVONNE KOELTZSCH, CHRISTOPHER LAMMEL-POLCHAU, WOLFRAM LUDWIG, MICHAEL MARSCHOLLEK, BIRGER MARTENS, MARKUS MEIS, EIKE MICHAEL MEYER, JOCHEN MEYER, HUBERTUS MEYER ZU SCHWABEDISSEN, NIKO MORITZ, HEIKO MUELLER, WOLFGANG NEBEL, FRANZ J. NEYER, PETRA-KARIN OKKEN, JULIA RAHE, HARTMUT REMMERS, LARS ROELKER-DENKER, MEINHARD SCHILLING, BIRTE SCHOEPKE, JENS SCHROEDER, GISELA C. SCHULZE, MAREIKE SCHULZE, SINA SILTMANN, BIANYING SONG, JENS SPEHR, ENNO-EDZARD STEEN, ELISABETH STEINHAGEN-THIESSEN, NELE-MARIE TANSCHUS, UWE TEGTBUR, ANDREAS THIEL, WILFRIED THOBEN, PETER VAN HENGEL, STEFAN WABNIK, SANDRA WEGEL, OLAF WILKEN, SIMON WINKELBACH, THORBEN WIST, KLAUS-HENDRIK WOLF, LARS WOLF, AND MELANIE ZOKOLL-VAN DER LAAN. **Information and communication technologies for promoting and sustaining quality of life, health and self-sufficiency in ageing societies - outcomes of the Lower Saxony Research Network Design of Environments for Ageing (GAL)**. 39(3):166–187. WOS:000341289200002. 13
- [40] WOLFRAM LUDWIG, KLAUS-HENDRIK WOLF, CHRISTOPHER DUWENKAMP, NATHALIE GUSEW, NILS HELLRUNG, MICHAEL MARSCHOLLEK, MARKUS WAGNER, AND REINHOLD HAUX. **Health-enabling technologies for the elderly - An overview of services based on a literature review**. 106(2):70–78. WOS:000303271500002. 13
- [41] ALEXANDROS PANTELOPOULOS AND NIKOLAOS G. BOURBAKIS. **A Survey on Wearable Sensor-Based Systems for Health Monitoring and Prognosis**. 40(1):1–12. WOS:000271605100001. 13

- [42] MUKHTIAR MEMON, STEFAN WAGNER, CHRISTIAN PEDERSEN, FEMINA BEEVI, AND FINN HANSEN. **Ambient Assisted Living Healthcare Frameworks, Platforms, Standards, and Quality Attributes.** *Sensors*, 14(3):4312–4341, 2014. 13
- [43] PIOTR AUGUSTYNIAK, MAGDALENA SMOLEN, ZBIGNIEW MIKRUT, AND ELIASZ KANTOCH. **Seamless Tracing of Human Behavior Using Complementary Wearable and House-Embedded Sensors.** 14(5):7831–7856. WOS:000337112200011. 13
- [44] PAOLO BARSOCCI, STEFANO CHESSA, FRANCESCO FURFARI, AND FRANCESCO POTORTI. **Evaluating Ambient Assisted Living Solutions: The Localization Competition.** 12(4):72–79. WOS:000325676800012. 13, 22
- [45] FRANCISCO J. FERNANDEZ-LUQUE, FELIX L. MARTINEZ, GINES DOMENECH, JUAN ZAPATA, AND RAMON RUIZ. **Ambient assisted living system with capacitive occupancy sensor.** 31(4):378–388. WOS:000342812800008. 13
- [46] FABIEN CARDINAUX, DEEPAYAN BHOWMIK, CHARITH ABHAYARATNE, AND MARK S. HAWLEY. **Video based technology for ambient assisted living: A review of the literature.** 3(3):253–269. WOS:000293798600006. 14
- [47] RONALD POPPE. **A survey on vision-based human action recognition.** *Image and vision computing*, 28(6):976–990, 2010. 14
- [48] RONALD POPPE. **Vision-based human motion analysis: An overview.** *Computer vision and image understanding*, 108(1):4–18, 2007. 14
- [49] LETICIA ZAMORA-CADENAS, AINHOA CORTES, AND IGONE VELEZ. **Radiofrequency-based indoor location systems for ambient assisted living applications.** 6(5):561–563. WOS:000340298400007. 15
- [50] JINGWEN XIONG, BOON-CHONG SEET, AND JUDITH SYMONDS. **Human Activity Inference for Ubiquitous RFID-Based Applications.** *2009 Symposia and Workshops on Ubiquitous, Autonomic and Trusted Computing*, 2009. 15
- [51] PEDRO ÁLVAREZ, IVÁN Y MALAGÓN, MARINA ZAPATEIRO, JUAN-MARIANO DE GOYENECHÉ, AND JOSÉ M. MOYA. **RFID Performance in Localization Systems.** *Ambient Assisted Living*, pages 73–78, 2011. 15
- [52] STEVE HINSKE AND MARC LANGHEINRICH. **Using a Movable RFID Antenna to Automatically Determine the Position and Orientation of Objects on a Tabletop.** In DANIEL ROGGEN, CLEMENS LOMBRISER, GERHARD TRÖSTER, GERD KORTUEM, AND PAUL HAVINGA, editors, *Smart Sensing and Context*, 5279 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 14–26. Springer Berlin Heidelberg, 2015. 15
- [53] WIKIPEDIA. **Near field communication**, 2015. 16
- [54] KEVIN CURRAN, AMANDA MILLAR, AND CONOR MC GARVEY. **Near field communication.** *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 2(3):371–382, 2012. 16
- [55] NICOLE LEE. **Dabbling in the future of payment: A week of Apple Pay and Google Wallet**, 2015. 16
- [56] POLICIA MINISTERIO DEL INTERIOR. **El ministro del Interior destaca que el nuevo DNI electrónico 3.0 contribuir a hacer de España un pa s m-s seguro al mejorar la seguridad documental**, 2015. 16
- [57] PABLO CUIEL, KOLDO ZABALETA, AND ANA B. LAGO. **Mobile NFC vs Touchscreen Based Interaction: Architecture Proposal and Evaluation.** *Ambient Assisted Living and Active Aging*, pages 18–25, 2013. 16
- [58] HEND S. AL-KHALIFA. **Utilizing QR Code and Mobile Phones for Blinds and Visually Impaired People.** *Computers Helping People with Special Needs*, pages 1065–1069, 2008. 16
- [59] ES.WIKIPEDIA.ORG. **Power Line Communications**, 2015. 16
- [60] MICHAEL J. MCGRATH, ADRIAN BURNS, AND TERRY DISHONGH. **Evaluation of Bluetooth Communications for the Deployment of Assisted Living Technologies in Home Environments.** *2007 29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 2007. 17
- [61] ES.WIKIPEDIA.ORG. **ZigBee**, 2015. 17
- [62] WIKIPEDIA. **ISM band**, 2015. 18
- [63] DIGI.COM. **XBee RF Modules - Digi International**, 2015. 18
- [64] BRIONY J. OATES. *Researching Information Systems and Computing*. Sage Publications Ltd. 21
- [65] GWO-JEN HWANG, CHIN-CHUNG TSAI, AND STEPHEN J. H. YANG. **Criteria, strategies and research issues of context-aware ubiquitous learning.** 11(2):81–91. WOS:000256100600008. 21
- [66] EDUARDO CASTILLEJO, AITOR ALMEIDA, DIEGO LOPEZ-DE IPINA, AND LIMING CHEN. **Modeling Users, Context and Devices for Ambient Assisted Living Environments.** 14(3):5354–5391. WOS:000336783300080. 22
- [67] IVAN GARCIA-MAGARINO AND JORGE J. GOMEZ-SANZ. **An Ontological and Agent-Oriented Modeling Approach for the Specification of Intelligent Ambient Assisted Living Systems for Parkinson Patients.** 8073:11–20. WOS:000342910700002. 22
- [68] JUAN BAUTISTA MONTALVA COLOMER, DARIO SALVI, MARIA FERNANDA CABRERA-UMPIERREZ, MARIA TERESA ARREDONDO, PATRICIA ABRIL, VIVECA JIMENEZ-MIXCO, REBECA GARCIA-BETANCES, ALESSIO FIORAVANTI, MATTEO PASTORINO, JORGE CANCELTA, AND ALEJANDRO MEDRANO. **Experience in Evaluating AAL Solutions in Living Labs.** 14(4):7277–7311. WOS:000336784600084. 22
- [69] ELISABETH OSTENSEN, INGRID SVAGARD, ANNE B. FOSSBERG, AND ANNE MOEN. **Evaluation of ambient assisted living interventions—which tool to choose?** 201:160–6. MEDLINE:24943539. 22

## BIBLIOGRAFÍA

---

- [70] BOGDAN POGORELC, ARTUR LUGMAYR, BJOERN STOCKLEBEN, RADU-DANIEL VATAVU, NINA TAHMASEBI, ESTEFANIA SERRAL, EMILJA STOJMENOVA, BOJAN IMPERL, THOMAS RISSE, GIDEON ZENZ, AND MATJAZ GAMS. **Ambient bloom: new business, content, design and models to increase the semantic ambient media experience.** *66(1):7–32. WOS:000320317200002. 22*
- [71] R-PROJECT.ORG. **The R Project for Statistical Computing, 2015. 23**