

Grado Universitario en Ingeniería Electrónica Industrial y  
Automática



*Trabajo Fin de Grado*

Configuración de un robot asistencial y  
desarrollo de una interfaz accesible  
para personas mayores:  
pregón de eventos

---

Antonio Hurtado Notario

Tutor: Ana María Iglesias Maqueda

Leganés, febrero de 2021

## RESUMEN

El presente documento se corresponde con la labor de investigación realizada en el campo de la geriatría, y, más concretamente, en la integración de robótica asistencial en residencias de ancianos.

Se pretende lograr una introducción absoluta en el ámbito de las residencias de ancianos y en su '*modus operandi*' con el fin de conocer en detalle y, desde dentro, las necesidades que se puedan llegar a tener en estos lugares, así como los problemas para los cuales la robótica asistencial pueda suponer una solución real.

El motivo principal por el que los proyectos enfocados a la asistencia automatizada en residencias de ancianos están experimentando un creciente aumento de demanda es por la previsión científicamente comprobada del envejecimiento poblacional que tendremos en las próximas décadas. Esta estadística supone una enorme oportunidad laboral para las empresas encargadas del desarrollo y manufactura de este tipo de sistemas, ya que, el número de integrantes en residencias aumentará considerablemente en los próximos años y, con la introducción de estos robots asistentes en ellas, se conseguirá atender las necesidades de todos ellos y equilibrar la proporción entre ancianos ingresados y medios necesarios para atenderlos.

Una vez que se tiene claro el objetivo, se estudia cuidadosamente el cliente al que irá destinado el proyecto con el fin de adaptarse de la mejor manera posible a sus necesidades y exigencias. En este caso, los usuarios principales de la robótica asistencial en residencias serán los ancianos, asistentes y médicos, por lo cual, el robot ha de incorporar en cada una de sus funcionalidades la mayor cantidad de accesibilidad posible para hacer que la interacción humano-robot sea lo más fructífera que se pueda.

La accesibilidad de las interfaces de usuario del robot se constituye como uno de los pilares fundamentales en el desarrollo de este proyecto, junto con otros puntos como el movimiento controlado del robot por las diferentes estancias del mapa sobre el que se desplaza, el cual sería otro de los puntos más importantes del mismo.

En definitiva, la finalidad última de este proyecto será el diseño de una interfaz accesible que se ajuste a la diversidad funcional y sensorial de las personas de la tercera edad para que, a través de colores vivos, formatos y tamaños de letra adecuados y estilos intuitivos, se consiga transmitir de manera clara y concisa el mensaje que se quiere transmitir. De esta manera, se crearán vínculos entre el usuario y el robot que harán que los ancianos disfruten de su estancia en la residencia y que supondrán una descarga de trabajo considerable para las personas al cargo de estos ancianos.

**Palabras clave:** Robot Asistencial; Robot Geriátrico; Accesibilidad; Interfaces Accesibles; Robot Social.

## ABSTRACT

This document corresponds to the research work carried out in the field of geriatrics and, more specifically, in the field of assistive robotics, with the aim of gaining a deeper knowledge about the sector in which this project will be developed.

The aim is to achieve an absolute introduction in the field of nursing homes and in its 'modus operandi' in order to know in detail and, from the inside, the needs that may arise in these places, as well as the problems for which assistive robotics can provide a real solution.

The main reason why projects focused on automated assistance in nursing homes are experiencing a growing increase in demand is due to the scientifically proven forecast of the aging population that we will have in the coming decades. This statistic represents a huge job opportunity for companies responsible for the development and manufacture of these devices, since the number of people in nursing homes will increase considerably in the coming years and, with the introduction of these robot assistants in them, it will be possible to meet the needs of all of them and balance the ratio between elderly people admitted and the means needed to care for them.

Once the objective is clear, the client for whom the project is intended is carefully studied in order to best adapt to their needs and requirements. In this case, the main user of assistive robotics in nursing homes will be none other than the elderly, so the robot has to incorporate in each of its functionalities as much accessibility as possible to make the human-robot interaction as fruitful as possible.

The accessibility of the robot's user interfaces is one of the fundamental pillars in the development of this project, along with other points such as the controlled movement of the robot through the different rooms of the map on which it moves, which would be another of the most important points of the project.

To conclude, the ultimate goal of this project will be the design of an accessible interface that fits the sensory impairments that may present the elderly so that, through bright colors, appropriate formats and font sizes and intuitive styles, is achieved to convey clearly and concisely the message to be conveyed. In this way, links will be created between the user and the robot that will make the elderly enjoy their stay in the residence and that will mean a considerable workload for the people in charge of these elderly people.

**Key Words:** Assistance Robot; Geriatric Robot; Accessibility; Accessible Interfaces; Social Robot.



## AGRADECIMIENTOS

No quisiera comenzar la redacción del presente proyecto sin antes agradecer a las personas y organismos que han hecho posible su ejecución y que, con su colaboración, han allanado el camino pedregoso que supone involucrarse en un proyecto de fin de carrera.

Con la realización de este documento se cierra una de las etapas más intensas y evolutivas de mi vida, tanto a nivel académico como personal. Quisiera agradecer en primer lugar a mis padres, Manuel y Carmen, por otorgarme desde niño la mejor educación y por ser los artífices de mis éxitos universitarios con sus consejos a la hora de tomar decisiones importantes, su calma en momentos de estrés y sus ánimos cuando todo parecía desbordarse.

Agradecer también a mis hermanos, Alberto y Ana, por ser el ejemplo a seguir durante tantos años y por suavizarme la experiencia de la ingeniería a base de relatarme sus experiencias y advertirme sobre lo que me depararían estos años.

No quiero olvidarme de mis compañeros de clase. Mis amigos. Mis acompañantes de viaje en este laberinto del que no hubiéramos salido si no hubiera sido por la ayuda de unos a otros, por las horas en la biblioteca y por el trabajo en equipo que ha permitido que hoy nos vayamos a casa con nuestro Título en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática bajo el brazo.

Quisiera agradecer también a mi pareja, Jimena, por ser un apoyo fundamental, tanto en el presente proyecto, como en mi vida. Agradecer su paciencia y su esfuerzo personal, así como la estabilidad que me ha brindado siempre que lo he necesitado. Por arreglarme esos días en los que parecía que nada salía bien y sacarme una sonrisa cuando más lo necesitaba. Gracias por transmitirme tus valores y enseñarme cada día un poquito más.

Por último, quisiera agradecer a mi tutora, Ana Iglesias, por el apoyo y la ayuda que me ha facilitado desde el primer momento a la hora de ejecutar el proyecto. Por enseñarme tanto acerca de este mundo y por hacer de esta experiencia algo fructífero y gratificante. De la misma manera quisiera agradecer a la Universidad de Málaga, en especial a Alberto Tudela y Rebeca Marfil, por la colaboración a distancia brindada en todo momento y la resolución tan efectiva de problemas que han sabido transmitirme a pesar de no haber podido trabajar juntos de manera presencial debido a la situación tan especial que vivimos.



# ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Planteamiento del problema y motivación.....	2
1.2. Objetivos del Trabajo de Fin de Grado.....	3
1.3. Estructura del documento .....	4
2. GESTIÓN DEL PROYECTO .....	5
2.1. Metodología .....	5
2.2. Ciclo de vida .....	5
2.3. Planificación temporal. Diagrama de Gantt.....	7
2.3.1. Planificación inicial y primeras propuestas de trabajo .....	8
2.3.2. Planificación final y resultados obtenidos .....	10
2.3.3. Desviaciones del Diagrama final frente a lo planificado.....	13
2.4. Análisis de costes .....	14
3. ESTADO DEL ARTE.....	16
3.1. Robots sociales asistenciales. Alternativas similares a CLARA .....	17
3.2. Discusión final y comparativas .....	22
4. ESTUDIO DE VIABILIDAD .....	24
4.1. Factores del análisis de viabilidad .....	24
4.1.1. Alcance del proyecto .....	24
4.1.2. Estudio de mercado .....	25
4.1.3. Medios necesarios .....	25
4.1.4. Análisis DAFO .....	27
4.1.5. Enfoque del proyecto.....	28
4.1.6. Revisión final y conclusión .....	29
4.2. Entorno socioeconómico.....	30
4.3. Normativa y marco regulador .....	31
5. INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA EN CLARA .....	32
5.1. Robot CLARA: componentes del robot y cómo funcionan.....	33
5.2. Arquitectura del sistema del robot CLARA .....	37
5.3. Puesta en marcha de CLARA .....	39
5.4. Dificultades e impedimentos en el arranque de CLARA.....	40
5.4.1. Mal estado de las baterías .....	41

5.5.	Instalación completa del sistema en CLARA .....	46
6.	DESARROLLO DE LAS IMPLEMENTACIONES DEL PROYECTO CLARA .....	49
6.1.	Descripción de la funcionalidad del Pregonero .....	49
6.2.	Accesibilidad en sistemas hombre-robot .....	51
6.2.1.	Accesibilidad de interfaz hombre-robot .....	52
6.3.	Diseño e implementación de la interfaz accesible .....	53
6.4.	Evaluación de la interfaz accesible .....	97
7.	CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO.....	112
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	115



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Modelo de ciclo de vida en cascada.....	6
Figura 3.1. Robot Tokyo de GrupoADD.....	18
Figura 3.2. Robot Pepper de GrupoADD .....	19
Figura 3.3. Robot Pepper de GrupoADD (II).....	20
Figura 3.4. Robot Zora de ZoraBots.....	21
Figura 3.5. Robot GIRAFFPLUS de Giraff Technologies AB .....	22
Figura 5.1. Parte delantera robot CLARA desarmado .....	33
Figura 5.2. Dispositivo Kinect de reconocimiento .....	34
Figura 5.3. Pantalla/Display central del robot CLARA.....	34
Figura 5.4. Botones de emergencia del robot CLARA .....	35
Figura 5.5. Base de carga del robot CLARA.....	36
Figura 5.6. Robot CLARA en posición de carga.....	41
Figura 5.7. Circuito interno de la base de carga sin puente.....	42
Figura 5.8. Circuito interno de la base de carga con puente.....	42
Figura 5.9. Medición del voltaje circulando por la base de carga del robot (36V) .....	43
Figura 5.10. Desarme de la carcasa del robot para acceder a componentes internos.....	44
Figura 5.11. Conector ACCU Balancing / Conector ACCU.....	44
Figura 5.13. Fusible de la batería del robot .....	45
Figura 5.14. Robot en posición de carga y recibiendo alimentación.....	46
Figura 6.1. Logotipos de las herramientas empleadas en el proyecto .....	68
Figura 6.2. QT Widget destinada al diseño de la interfaz .....	57
Figura 6.3. Archivo ".ui" definitivo de la interfaz de Pantalla de Inicio .....	58
Figura 6.4. Asociación de colores de fondo e iconos para la interfaz de Inicio .....	59
Figura 6.5. Funciones que se ejecutan al pulsar los botones de la interfaz .....	59
Figura 6.6. Versión 1 de la interfaz de Pantalla de Inicio .....	60
Figura 6.7. Versión 2 de la interfaz de Pantalla de Inicio .....	61
Figura 6.8. Interfaz de configuración de parámetros de voz (TTS) .....	61
Figura 6.9. Versión definitiva de la interfaz de Pantalla de Inicio .....	62
Figura 6.10. Archivo ".ui" definitivo de la interfaz Calendario .....	63
Figura 6.11. Asociación de colores de fondo e iconos para la interfaz de Calendario...	64
Figura 6.12. Versión 1 de la interfaz de Calendario.....	65
Figura 6.13. Versión 2 de la interfaz de Calendario.....	66
Figura 6.14. Versión 3 de la interfaz de Calendario.....	67
Figura 6.15. Versión definitiva de la interfaz de Calendario.....	68
Figura 6.16. Archivo ".ui" definitivo de la interfaz de Día Elegido.....	69
Figura 6.17. Versión 1 de la interfaz de Día Elegido .....	70
Figura 6.18. Versión 2 de la interfaz de Día Elegido .....	70
Figura 6.19. Versión 3 de la interfaz de Día Elegido .....	71
Figura 6.20. Versión definitiva de la interfaz de Día Elegido.....	72
Figura 6.21. Archivo ".ui" definitivo de la interfaz de Cumpleaños .....	73
Figura 6.22. Funciones que se ejecutan al pulsar botones de la interfaz Cumpleaños...	74

Figura 6.23. Versión 1 de la interfaz de Cumpleaños .....	75
Figura 6.24. Versión 2 de la interfaz de Cumpleaños .....	76
Figura 6.25. Versión 3 de la interfaz de Cumpleaños .....	77
Figura 6.26. Versión definitiva de la interfaz de Cumpleaños .....	78
Figura 6.27. Archivo ".ui" definitivo de la interfaz de El Tiempo .....	79
Figura 6.28. Funciones que se ejecutan al pulsar botones de la interfaz El Tiempo .....	80
Figura 6.29. Versión 1 de la interfaz de El Tiempo .....	80
Figura 6.30. Versión 2 de la interfaz de El Tiempo .....	81
Figura 6.31. Versión 3 de la interfaz de El Tiempo .....	82
Figura 6.32. Versión definitiva de la interfaz de El Tiempo .....	83
Figura 6.33. Archivo ".ui" definitivo de la interfaz de Actividades .....	84
Figura 6.34. Funciones que se ejecutan al pulsar botones de interfaz Actividades .....	85
Figura 6.35. Versión 1 de la interfaz de Actividades .....	85
Figura 6.36. Versión 2 de la interfaz de Actividades .....	86
Figura 6.37. Versión 3 de la interfaz de Actividades .....	87
Figura 6.38. Versión definitiva de la interfaz de Actividades .....	88
Figura 6.39. Interfaz de parámetros de TTS para configuración de voz .....	90
Figura 6.40. Selección del tipo de voz deseado .....	91
Figura 6.41. Botón de activación del componente TTS .....	92
Figura 6.42. Ejemplo de subtítulos (I) en la interfaz de Actividades .....	92
Figura 6.43. Ejemplo de subtítulos (I) en la interfaz de El Tiempo .....	93
Figura 6.44. Ejemplo de subtítulos definitivos en la interfaz de Cumpleaños .....	93
Figura 6.45. Ejemplo de subtítulos definitivos en la interfaz de El Tiempo .....	94
Figura 6.46. Subtítulos activados / Subtítulos desactivados .....	95
Figura 6.48. Barra deslizante de ajuste de volumen .....	96
Figura 6.49. Edad de los usuarios .....	121
Figura 6.50. Discapacidad auditiva de los usuarios .....	122
Figura 6.51. Discapacidad visual de los usuarios .....	123
Figura 6.52. Discapacidad motora de los usuarios .....	124
Figura 6.53. Uso del teléfono móvil de los usuarios .....	126
Figura 6.54. Uso de ordenadores/tablets de los usuarios .....	126
Figura 6.55. Opinión de los usuarios sobre interaccionar con robots .....	127
Figura 6.56. Errores encontrados por los usuarios en la aplicación .....	128
Figura 6.57. Opinión de los usuarios sobre la voz del robot .....	129
Figura 6.58. Opinión de los usuarios sobre el futuro del robot .....	129

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Ejemplo de Diagrama de Gantt .....	7
Tabla 2.2. Tabla de tareas inicial del proyecto .....	9
Tabla 2.3. Diagrama de Gantt inicial del proyecto.....	10
Tabla 2.4. Tabla de tareas final del proyecto.....	11
Tabla 2.5. Diagrama de Gantt final del proyecto .....	12
Tabla 2.6. Tabla ilustrativa de la inversión realizada en hardware .....	14
Tabla 2.7. Tabla ilustrativa de la inversión realizada en software .....	15
Tabla 2.8. Tabla ilustrativa del coste total del proyecto .....	15
Tabla 4.1. Gráfico de envejecimiento poblacional entre 2018 y 2033 .....	30
Tabla 5.1. Funcionalidades ya implementadas en el sistema del robot.....	32
Tabla 5.2. Arquitectura interna del sistema de CLARA.....	38
Tabla 6.1. Funcionalidades que hubo que implementar en el sistema del robot .....	540
Tabla 6.2. Esquema de herencias de las interfaces del Pregonero .....	62
Tabla 6.3. Tabla de tareas del test con el robot CLARA.....	104
Tabla 6.4. Cuestionario de Evaluación: Preguntas de Usabilidad .....	106
Tabla 6.5. Cuestionario de Evaluación: Preguntas de Accesibilidad .....	107
Tabla 6.6. Cuestionario de Evaluación: Preguntas de Aceptación .....	108

# 1. INTRODUCCIÓN

Nos encontramos en una época de constante progreso, una era tecnológica y, sobre todo, cambiante que nos obliga a adaptarnos constantemente al entorno y a las nuevas necesidades del ser humano.

La tecnología, a pesar de tener en ocasiones ciertos impactos negativos en la sociedad, tiene como principal objetivo la mejora de la calidad de vida de aquellas personas que la consuman. Es por ello, que el ser humano tiende a la búsqueda de la perfección por medio de nuevas tecnologías que faciliten sus tareas, reduzcan su trabajo o hasta tengan autonomía suficiente como para abarcar actividades que hacen ellos.

En relación con esta constante tendencia al progreso, surgen distintas herramientas de optimización como programas de software, automatismos, elementos programables o incluso robots. Por todos es conocido el término “*robot*”, aunque el concepto que tenemos de ellos esté muy idealizado por las películas en estos últimos años. A pesar de ello, existen multitud de tipos diferentes de robots, que, aunque tengan como fin último la asistencia al ser humano, no tienen por qué mantener el mismo aspecto físico en todos los casos.

La robótica es una de las ramas dentro de la tecnología, y se encarga del diseño, la construcción, la operación y la producción de los robots, todo ello a través del uso de la informática. [1]

El progreso informático y tecnológico de las últimas décadas ha permitido que cada vez se hayan ido perfeccionando más este tipo de máquinas hasta el punto de convertirse en fantásticos asistentes que facilitan y mejoran la vida de muchas personas en múltiples ámbitos de sus vidas. En este sentido, cobran protagonismo los robots de asistencia médica.

Se define como robots de servicio a aquellos que trabajan de forma autónoma o semiautónoma para realizar tareas útiles para el bienestar de las personas. Por ello, dentro de esta categoría es lógico que se hable de los autómatas de asistencia en residencias de ancianos. Ya desde 2012, diversas empresas como Toyota y centros de investigación vienen trabajando e interesándose de manera cada vez más insistente por perfeccionar sus maquinarias y conseguir robots que puedan facilitar la vida de los ancianos pudiendo hacer tareas que a ellos les sea más difícil. [2]

Existen multitud de países con una alta tasa de población anciana y una creciente demanda de asistencia geriátrica de largo plazo, lo cual hace cada vez más aparatosa y exigente la labor de los asistentes médicos y el personal que trabaja en las residencias. Esto impulsa y motiva a este tipo de multinacionales a desarrollar herramientas capaces de realizar gran parte de las tareas que realizan los cuidadores para que éstos puedan centrar sus capacidades de trabajo en asuntos de mayor importancia que las máquinas actuales aún no son capaces de realizar como puede ser la elaboración de planes de seguimiento

personalizados para cada uno de los ancianos, organización de actividades específicas para ellos en función de sus patologías, deficiencias, etc.

En relación con el problema mencionado, surge el proyecto de elaboración del robot CLARA. El robot CLARA se construyó enmarcado en el proyecto europeo H2020 ECHORD++, en su subproyecto CLARC [3], cuyo objetivo era la introducción de tecnología robótica en hospitales, para evaluar de forma autónoma el estado físico y cognitivo de las personas mayores. CLARA llega a nuestro país promulgado por diferentes instituciones, como la Universidad de Málaga, la Universidad de Jaén, la Universidad Carlos III de Madrid, la Universidad de Extremadura en Cáceres o el Hospital Universitario Virgen del Rocío de Sevilla, e incluso por instituciones extranjeras como la Troyes University of Technology de Francia.

Este proyecto plantea la posibilidad de poder utilizar el robot CLARA para otro tipo de tareas diferente a la evaluación del estado físico y cognitivo de personas mayores. En concreto, se plantea la posibilidad de que el robot CLARA sirva como pregonero de eventos en una residencia de ancianos.

### 1.1. Planteamiento del problema y motivación

La Organización Mundial de la Salud (OMS) es la encargada de realizar todos los estudios relacionados con el crecimiento demográfico y, en sus últimas investigaciones, ha pronosticado un aumento del 12% al 22% hasta 2050 [4]. En vista de todas estas previsiones, es lógico que se hable de una potente y evidente expansión tecnológica ambientada, sobre todo, en el sector del cuidado de la tercera edad.

CLARA es el prototipo de un robot asistencial que se creó como uno de los resultados del proyecto CLARC, forjado y desarrollado a lo largo de ocho años de trabajo e investigación con el objetivo principal de proporcionar asistencia en hospitales, mediante la evaluación del estado físico y cognitivo de personas mayores.

Inicialmente se parte de un contexto técnico muy específico, nos encontramos ante un robot de enorme carga informática y complejidad arquitectónica tanto de software como de hardware, que además se encuentra en plena fase experimental, por lo cual, está siendo constantemente testado y se le están incorporando nuevas implementaciones día a día con el fin de ir consiguiendo que dichos diseños se conviertan en una realidad en un futuro no muy lejano.

Dicho robot forma parte de un proyecto abierto y sobre el que se está trabajando de manera simultánea desde la Universidad de Málaga y la de Jaén. Por tanto, existe una base de trabajo previa a la inicialización de este proyecto que tuvo que ser cuidadosamente analizada y comprendida para poder ser utilizada en él.

Uno de los principales retos derivados del envejecimiento de la población que se están abordando desde la perspectiva de la robótica social es evitar la soledad y depresión cada

vez más notable de los ancianos. Ante ello, las residencias cada vez se enfrentan a más obstáculos ante la falta de cuidadores o el exceso de trabajo, por lo que en este proyecto nos planteamos la posibilidad de que un robot con figura humanoide pueda ayudar a combatir dicha soledad y las enfermedades mentales derivadas del aislamiento.

Además, el uso de robótica social asistencial podría evitar el colapso de las residencias y conseguir que los enfermeros y los asistentes consigan seguir realizando sus tareas con la misma capacidad y no se vean sobrepasados por una situación que haría que no pudieran rendir al 100%, lo cual perjudicaría en gran medida la salud y el cuidado de los principales protagonistas de todo esto, los ancianos.

## 1.2. Objetivos del Trabajo de Fin de Grado

Cuando hablamos de los objetivos principales del proyecto tenemos que hablar esencialmente de dos: La configuración y puesta en marcha de un robot asistencial existente, así como la creación y desarrollo de una interfaz accesible para personas mayores. Dicha interfaz funcionará a través de la pantalla central del robot en una modalidad denominada **“El Pregonero”**.

En cuanto a la configuración y puesta en marcha del robot, al iniciar el proyecto sobre un robot que en un inicio fue creado para otras funciones y que, además, contaba con un importante tiempo de inactividad previo al inicio del proyecto, fue necesario realizar una exhaustiva revisión tanto de hardware como de software.

La revisión del hardware fue ligada a la comprobación del funcionamiento de cada componente del robot, a lo cual se añadió un cambio de baterías debido al mal estado de las mismas. En cuanto a la revisión del software, inicialmente se comprobó el correcto funcionamiento de los sistemas operativos de los ordenadores del robot, se configuró la red para poder hacer uso de la conexión inalámbrica pertinente y se procedió a la instalación en los ordenadores de los paquetes necesarios para poder empezar a trabajar sobre el proyecto.

La funcionalidad del Pregonero consiste en que el robot paseará por las distintas salas de la residencia pregonando información relevante para los residentes, como la agenda del día, eventos, cumpleaños, etc. Al mismo tiempo que pasea y pregona, el robot portará en su pantalla central la interfaz accesible que acompaña a aquellas informaciones que está pregonando. De esta manera, los ancianos podrán estar al tanto de los acontecimientos que vayan a sucederles ese mismo día o días próximos.

El objetivo del proyecto va claramente asociado a la mejora en la calidad de vida de los ancianos que viven en residencias y al perfeccionamiento de la accesibilidad en cuanto a la interacción humano-robot. En un primer momento es necesario valorar el impacto que estos robots tendrían entre los ancianos, ya que, debido a las dificultades tecnológicas que suelen presentar las personas de avanzada edad para adaptarse a la complejidad de este tipo de aparatos, es fundamental facilitar al máximo la interacción entre ambos, de manera

que los usuarios se manejen de manera sencilla con ellos y no se vean alterados en sus encuentros con el robot. Además, las personas mayores suelen presentar una gran diversidad funcional debido principalmente al deterioro típico producido por la edad: pérdida de visión, de oído, dificultades motoras, pérdida de memoria y cognitiva, etc. Es por tanto importante también para desarrollar una interfaz accesible a todos tener en cuenta esta diversidad funcional.

En definitiva y a modo de resumen, se pueden definir los siguientes objetivos específicos para el desarrollo del Trabajo Fin de Grado:

1. Estudio de los componentes y funcionalidades del robot a reutilizar: CLARA.
2. Puesta en marcha del robot CLARA, revisando componentes hardware y software para asegurar su buen funcionamiento.
3. Estudio del estado del arte en robótica social y asistencial relacionada con la tarea de informar a las personas (tarea de pregonar eventos)
4. Configuración del robot CLARA para su uso como pregonero de eventos
5. Análisis, Diseño e Implementación de la interfaz del Pregonero, teniendo en cuenta requisitos de usabilidad y accesibilidad robótica, orientado a la interacción con personas mayores.
6. Evaluación de la interfaz de usuario desarrollada, donde habrá involucrados usuarios reales para asegurar su buen funcionamiento y obtener realimentación para poder mejorarla en el futuro.

### 1.3. Estructura del documento

El presente documento recoge una serie de apartados correspondientes a la motivación con la que se desarrolla el proyecto, los objetivos fijados y el problema que se pretende resolver con él, así como una redacción detallada acerca de la realización del mismo, la investigación previa necesaria, la metodología empleada, su desarrollo e implementación, y las pruebas realizadas a modo de comprobación y validez del proyecto.

El documento incluye, previa a la redacción del desarrollo del propio proyecto, una explicación detallada sobre el marco contextual en el que se desarrolla y toda la información necesaria para comprender cómo se ha trabajado sobre el proyecto y en base a qué se ha fundamentado la labor desarrollada sobre el mismo. Toda esta información se sostiene sobre la bibliografía de las fuentes empleadas para su obtención.

Finalmente, y a modo de conclusión, la estructura del documento se cierra con las pruebas realizadas sobre usuarios reales y que permiten dar cuenta del resultado final del proyecto y analizar cómo de exitosa ha sido su implementación para concluir en las futuras mejoras que habría que aplicar al proyecto, así como las futuras implementaciones que se quisiera que éste tuviera.

## 2. GESTIÓN DEL PROYECTO

Uno de los aspectos más importantes al enfrentarse a un proyecto de estas dimensiones es contar con una planificación previa perfectamente estructurada y organizada, de manera que, a la hora de desarrollarlo, todos los procedimientos y pasos a seguir estén claros y solo haya que limitarse a seguirlos ordenadamente.

Una buena gestión del proyecto implica una metodología previamente definida, un análisis conciso del ciclo de vida, una adecuada planificación temporal sobre todas las prácticas que requiere el proyecto y un estudio exhaustivo de los costes de desarrollo.

### 2.1. Metodología

La metodología empleada en la ejecución de este proyecto no es otra que la metodología **Agile**. Esta metodología se caracteriza por estar especializada en proyectos que requieren una flexibilidad y una rapidez considerablemente grande con respecto a otras metodologías en cuanto a la adaptación al cambio. [5]

La manera en que **Agile** funciona es mediante la organización y distribución del trabajo a muy corto plazo, es decir, dividir la carga de trabajo en pequeñas partes que tendrán que ser entregadas en periodos cortos de tiempo.

De esta manera, lo que se consigue es que el desarrollo del proyecto, el cual puede variar en cualquier momento por factores ajenos a la voluntad de las personas que lo ejecutan, se pueda adaptar a la situación con una flexibilidad que le permita continuar trabajando en él sin mayores complicaciones. Esta metodología ha resultado útil debido a la situación de pandemia tan complicada y cambiante en la que nos encontramos, la cual modifica constantemente nuestra vida a cada día que pasa.

Aun así, cuando hablamos de estos factores externos no nos estamos refiriendo únicamente a la pandemia, sino que también se tienen en cuenta, entre otras cosas, las necesidades que pueda presentar el cliente, las cuales pueden cambiar de un día para otro según las prioridades que él mismo establezca para cada momento. Por todos estos motivos se ha elegido aplicar la metodología **Agile** sobre este proyecto, para anticiparse a cualquier situación cambiante y así poder completarlo sin trabas ni impedimentos.

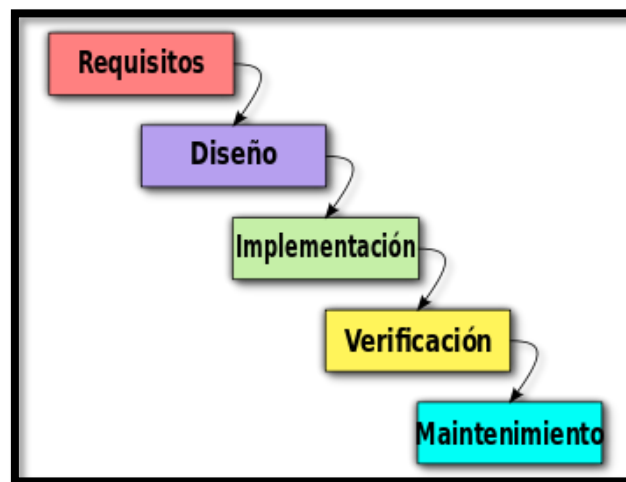
### 2.2. Ciclo de vida

La ejecución del proyecto, teniendo en cuenta los diferentes factores externos que han contribuido a retrasarlo parcialmente en algunas ocasiones, finalmente se ha completado en un plazo aproximado de unos cinco meses. Dicho periodo de tiempo ha servido para analizar el proyecto detenidamente, comprender el fundamento básico del reto al que nos enfrentábamos y, siguiendo las pautas adecuadas, conseguir ir desarrollando poco a poco



cada una de las partes fundamentales que hoy en día componen la estructura básica de este proyecto. Por ese motivo, aunque el plazo total de tiempo invertido en el proyecto sí que haya sido muy similar al estimado en un primer momento, la distribución y la evolución del trabajo dentro de ese periodo de tiempo no ha sido exactamente la que se esperaba.

El modelo de ciclo de vida que se ha seguido para el proyecto CLARA ha sido el **modelo en cascada**. Dicho modelo presenta un desarrollo del trabajo lineal y secuencial en el que, en la mayoría de los casos, se cuenta con cinco fases de desarrollo y cada una de estas fases es de vital importancia para la ejecución de la fase siguiente. [6]



*Figura 2.1. Modelo de ciclo de vida en cascada*

Es por ello que el desarrollo de una fase no se realizará hasta que la fase previa a ella haya sido completada satisfactoriamente. Además, se trata de un modelo en el que el desarrollo y los resultados obtenidos en una fase sirven como referencia para el desarrollo de la siguiente. Una vez analizados los **Requisitos** necesarios para empezar a trabajar en el proyecto se procederá al **Diseño** del mismo. Tras ello, se procederá a **Implementar** dicho diseño. Una vez realizada la Implementación, se **Verificarán** todos los parámetros introducidos en el sistema. Y, por último, una vez completadas todas las fases previas, se iniciarán las labores de **Mantenimiento** sobre el proyecto con el fin de evitar futuros problemas de funcionamiento.

Es importante mencionar que esta última fase de mantenimiento no se contempla dentro de los límites que abarca el proyecto, sino que se incluye dentro de las futuras implementaciones que habrá que realizar sobre el proyecto una vez que se obtenga la versión definitiva del mismo.

### 2.3. Planificación temporal. Diagrama de Gantt

Una parte fundamental de todo proyecto técnico es el análisis del resultado una vez acabado y la comparación entre lo planificado y lo obtenido. Todo proyecto experimental servirá de guía y de experiencia para futuros proyectos relacionados con él, por lo tanto, es importante documentar tanto el éxito como el fracaso en el cumplimiento de los objetivos marcados desde un inicio para poder seguir la línea correcta en trabajos similares que ocurran más adelante.

En este proyecto en concreto, se marcaron unos objetivos iniciales que se vieron seriamente truncados por motivos ajenos a nuestra voluntad, pero que consiguieron ser solventados para seguir adelante y conseguir lo propuesto readaptando los plazos inicialmente fijados.

Un **Diagrama de Gantt** es una herramienta que se aplica en la planificación temporal de un proyecto. Dicha herramienta permite programar todas aquellas tareas involucradas en el proyecto, a lo largo de un determinado periodo de tiempo. Se trata de una herramienta ampliamente utilizada en cualquier proyecto debido a su utilidad para gestionar los plazos. Además, ofrece una manera mucho más intuitiva de visualizar las acciones previstas y permite llevar un control más sencillo sobre el progreso de cada una de estas tareas. La principal de las ventajas que presenta la utilización de Diagramas de Gantt es el enorme ahorro de programación que se consigue. [7]

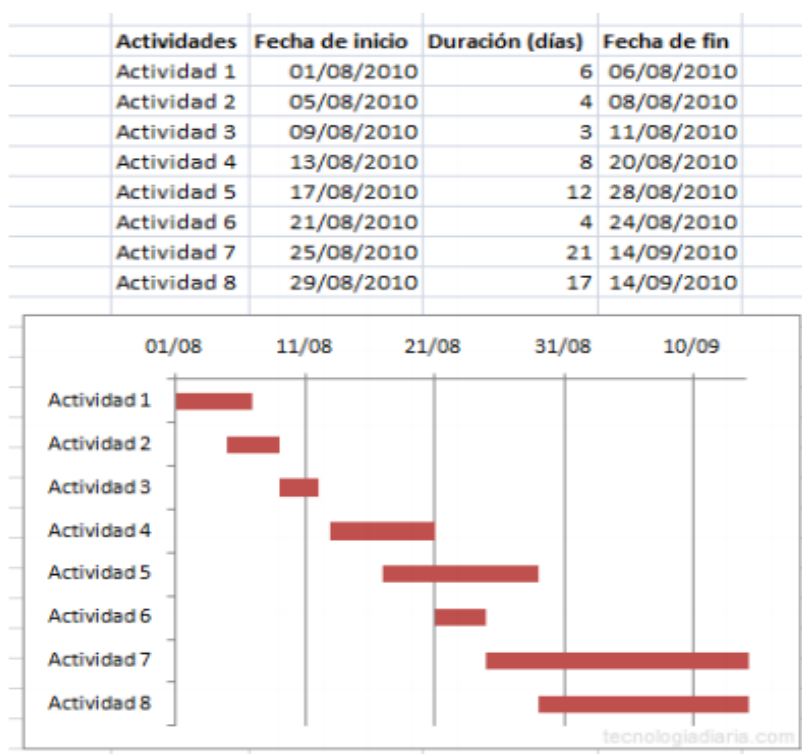


Tabla 2.1. Ejemplo de Diagrama de Gantt

### 2.3.1. Planificación inicial y primeras propuestas de trabajo

Siguiendo el modelo ofrecido por el **Diagrama de Gantt**, al inicio del proyecto se procedió a diseñar una planificación temporal ajustada, en la medida de lo posible, a los plazos de tiempo con los que se contaba. Aun así, es cierto que al enfrentarse a un proyecto de estas dimensiones es difícil conocer con exactitud cuáles serán las líneas de evolución y desarrollo del mismo y si los plazos se irán cumpliendo o no.

El objetivo de un Diagrama de Gantt no es solo establecer los plazos para ajustar el trabajo y los esfuerzos que habrá que realizar en cada momento, sino también para trabajar en base a unos tiempos que han de irse cumpliendo para llegar de la mejor manera posible a la ejecución final del proyecto.

En ese sentido, se redactó una lista con las tareas que serían necesarias y, teniendo en cuenta la importancia y la complejidad de cada una de ellas, se estimó cuál sería la duración que tendrían y en qué momento del eje cronológico se llevarían a cabo. Dicha lista de tareas se puede observar en la tabla 2.2.

Nombre de la tarea	Fecha inicio	Duración en días	Fecha fin
Preparación del entorno de trabajo - Instalación completa del sistema en el ordenador del robot y documentación para anexo del documento escrito.	11-sep	34	15-oct
Preparación del entorno de trabajo - Robot CLARC: componentes del robot y cómo funcionan	14-sep	14	30-sep
Preparación del entorno de trabajo - Arquitectura del sistema del robot CLARC	14-sep	14	30-sep
Estudio de viabilidad del proyecto - Planificación inicial (Diagrama de Gantt)	21-sep	10	30-sep
Preparación del entorno de trabajo - Análisis de las funcionalidades de la API entre la interfaz y el robot	21-sep	10	30-sep
Estado del arte - Robots en residencias. Robots que harán lo mismo que el tuyo	23-sep	14	07-oct
Estudio de viabilidad del proyecto - Normativa y entorno socioeconómico	23-sep	14	07-oct
Preparación del entorno de trabajo - Diseño definitivo de las funcionalidades de la API entre la interfaz y el robot	30-sep	15	15-oct
Estado del arte - Accesibilidad en Human- Robot Interaction (HRI)	30-sep	15	15-oct
Interfaces accesibles - Funcionalidad del Pregonero (Análisis)	16-oct	15	31-oct
Interfaces accesibles - Funcionalidad del Pregonero (Diseño)	01-nov	20	20-nov
Interfaces accesibles - Funcionalidad del Pregonero (Implementación)	21-nov	55	15-ene
Interfaces accesibles - Funcionalidad del Pregonero (Pruebas)	21-nov	55	15-ene
Conclusiones	16-ene	14	31-ene
Glosario	01-feb	14	15-feb
Bibliografía	01-feb	14	15-feb
Anexos y Repaso General	09-feb	16	25-feb

Tabla 2.2. Tabla de tareas inicial del proyecto

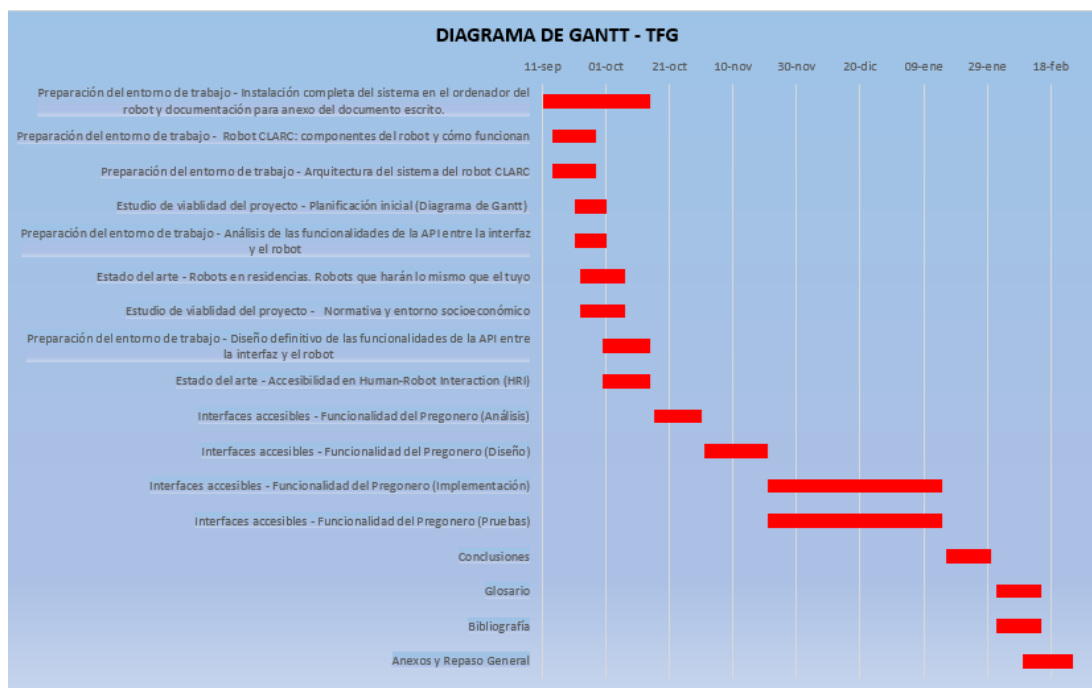


Tabla 2.3. Diagrama de Gantt inicial del proyecto

### 2.3.2. Planificación final y resultados obtenidos

De nuevo es importante tener en cuenta el hecho de que es difícil prever todo tipo de factores que puedan influir en el desarrollo de un proyecto. Aun así, una de las herramientas que se emplean con el objetivo de aproximar en la medida de lo posible esta estimación a la realidad es, precisamente, el Diagrama de Gantt.

En nuestro caso, fueron varios los factores que nos alejaron de ir cumpliendo los objetivos en los plazos marcados y que se tuvieron que readaptar nuevos tiempos a la distribución temporal planificada inicialmente. El principal de estos hechos fue el mal estado de las baterías, el cual obligó a pedir un recambio de nuevas baterías a la empresa alemana **MetraLabs** (miembro del consorcio del proyecto ECHORD++ que encargó del hardware del mismo) y, por tanto, a retrasar la primera de las tareas que estaban programadas, la instalación completa del sistema en el ordenador del robot.

No fue hasta el día 16 de octubre que recibimos las nuevas baterías, por lo que se decidió empezar por el que sería el paso número dos de nuestra lista de tareas y esperar a que las baterías llegaran y se tuviera el entorno de trabajo adecuado para realizar esta tarea.

Nombre de la tarea	Fecha inicio	Duración en días	Fecha fin
Preparación del entorno de trabajo - Robot CLARC: componentes del robot y cómo funcionan	11-sep	14	27-sep
Preparación del entorno de trabajo - Arquitectura del sistema del robot CLARC	11-sep	14	27-sep
Estudio de viabilidad del proyecto - Planificación inicial (Diagrama de Gantt)	17-sep	10	27-sep
Estado del arte - Robots en residencias. Robots que harán lo mismo que el tuyo	23-sep	14	07-oct
Estudio de viabilidad del proyecto - Normativa y entorno socioeconómico	23-sep	14	07-oct
Preparación del entorno de trabajo - Diseño definitivo de las funcionalidades de la API entre la interfaz y el robot	30-sep	15	15-oct
Preparación del entorno de trabajo - Instalación completa del sistema en el ordenador del robot y documentación para anexo del documento escrito.	16-oct	15	31-oct
Preparación del entorno de trabajo - Análisis de las funcionalidades de la API entre la interfaz y el robot	01-nov	10	11-nov
Estado del arte - Accesibilidad en Human-Robot Interaction (HRI)	12-nov	18	30-nov
Interfaces accesibles - Funcionalidad del Pregonero (Análisis)	20-nov	17	07-dic
Interfaces accesibles - Funcionalidad del Pregonero (Diseño)	07-dic	20	27-dic
Interfaces accesibles - Funcionalidad del Pregonero (Pruebas)	15-dic	21	05-ene
Interfaces accesibles - Funcionalidad del Pregonero (Implementación)	28-dic	23	20-ene
Glosario	01-feb	14	15-feb
Bibliografía	01-feb	14	15-feb
Anexos y Repaso General	08-feb	12	20-feb
Redacción final del documento una vez terminadas las pruebas	06-ene	45	20-feb

Tabla 2.4. Tabla de tareas final del proyecto

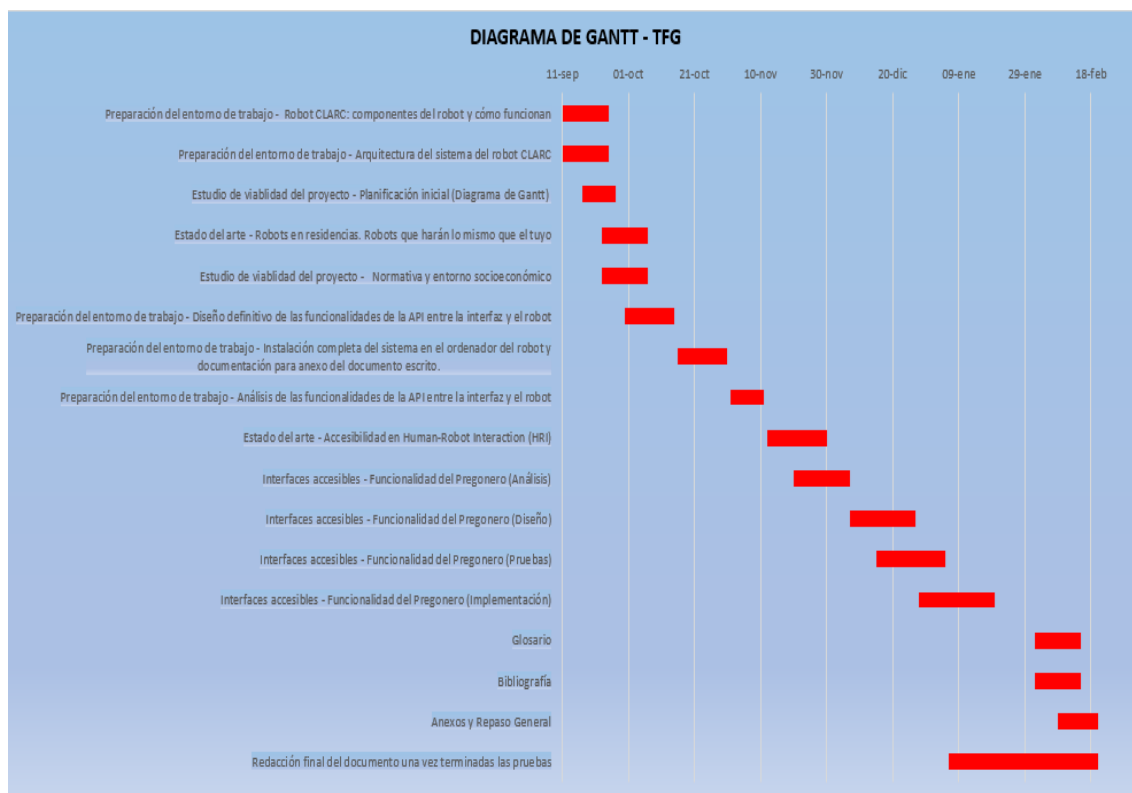


Tabla 2.5. Diagrama de Gantt final del proyecto

Otro factor a tener en cuenta es que, a medida que se iba aprendiendo más y más acerca del proyecto en general y de las capacidades del robot, se iban readaptando también ciertos datos en función del tiempo que llevaría implementar cada una de estas capacidades. Como se ha visto en el apartado anterior, de entre todas las funciones que necesitábamos que el robot hiciera, eran varias las que ya de por sí sabía hacer antes de que llegara aquí, pero muchas otras hubo que desarrollarlas desde cero.

Esto provocó que la fase de análisis y desarrollo se prolongara en el tiempo debido a que, según se aprendía más acerca de ello, más se comprendía la complejidad que suponía. En concreto, algunas de las funciones que supusieron un retraso sobre lo previsto fueron las de **mover** el robot, es decir avanzar y girar mediante nodos y comandos proporcionados por el sistema *ROS*, lo cual supuso una intensa labor de aprendizaje acerca de este sistema operativo y de los servicios que ofrecía mediante sus nodos, topics, etc.

Otra de estas funciones fue la de **mostrar por pantalla**, la cual fue implementada directamente a partir del software de *QT Creator* y también obligó a estudiar en detalle el funcionamiento de dicha plataforma para dar con la manera de implementarla. Y, por último, también hay que mencionar la función de **mover** al robot **mediante el mando Wii**, la cual, una vez más, implicaba un análisis y un descubrimiento de cómo esto se podía llevar a cabo, los controladores que había que activar, etc.

### 2.3.3. Desviaciones del Diagrama final frente a lo planificado

Si observamos los **Diagramas de Gantt** reflejados en las respectivas tablas de los apartados anteriores y analizamos las distintas tareas en función de los plazos de tiempo establecidos tanto para el plan inicial, como para el final, nos damos cuenta de las desviaciones existentes entre lo planificado y lo realmente ejecutado.

Los motivos principales de estas desviaciones ya han sido explicados previamente, pero se asocian a tres hechos fundamentales: 1. El mal estado de las baterías que obligó a pedir un recambio que tardó prácticamente un mes en llegar y ser sustituido por el paquete dañado, 2. La dificultad en ciertas ocasiones para acceder, por motivos de restricciones relacionadas con el **covid-19**, al laboratorio en el cual se encontraba nuestro robot y desde el cual era imprescindible trabajar para conseguir ciertas implementaciones que no podían desarrollarse desde casa, y 3. La incompatibilidad horaria en ocasiones provocada por estar llevando a cabo simultáneamente tanto el TFG como las prácticas curriculares.

Las consecuencias de estos factores fueron varios desplazamientos de tareas a lo largo de tiempo en el diagrama. Más en concreto, se puede observar un movimiento de la instalación completa del sistema en el ordenador del robot hasta el 16 de octubre, fecha en la cual se recibieron las nuevas baterías y se procedió a su cambio e instalación. Esto supuso que todas las tareas programadas para después de esa ascendieran un peldaño en el tiempo de su realización.

Todo siguió su curso hasta que llegaron las baterías, a excepción del retraso de la tarea del análisis de las funcionalidades de la API entre la interfaz y el robot. Dicha tarea se aplazó hasta después de instalar las baterías, ya que se quiso realizar este análisis justo antes de proceder a estudiar en detalle la accesibilidad de los interfaces y todos los factores relacionados con ella que iban a ser introducidos en el proyecto. De esta manera, todo lo relativo a las APIs y las interfaces accesibles se tendría mucho más reciente y mucho más estudiado a la hora de empezar a analizar la interfaz para el robot Pregonero, lo cual no sucedería hasta el 20 de noviembre.

A partir de aquí las tareas siguieron su orden cronológico establecido en el primer Diagrama de Gantt, pero con unos plazos de tiempo un poco más desplazados hacia delante en el tiempo. No sería hasta el 20 de enero que se terminarían las últimas implementaciones prácticas sobre el robot y se procedería a la redacción final del proyecto una vez terminadas las pruebas. Además, simultáneo a dicha redacción, a partir del 1 de febrero también se procedió a ultimar detalles finales de la documentación, como el formato, el glosario de términos, las referencias bibliográficas, etc.

A partir de entonces, se procedió a implementar ciertas correcciones técnicas que fueron aconsejadas por la tutora del proyecto y a perfeccionar algunos aspectos, tanto del diseño de las interfaces como de la redacción del proyecto, para llegar a los plazos establecidos de entrega con el suficiente tiempo como para solucionar cualquier problema que pudiera surgir.



## 2.4. Análisis de costes

No solo es importante hablar de la desviación de lo obtenido frente a lo planificado en cuanto al rendimiento final del robot, sino que también es importante valorar esta desviación en relación con los costes. **“¿Con qué plan de costes inicial contamos?”** **“¿Cómo podemos ser capaces de prever de la forma más precisa posible estos gastos?”** Cuando ya se da por finalizado el proyecto, **“¿existe algún coste imprevisto extra con el que no contábamos inicialmente?”** [8]

En proyectos pequeños, un gasto imprevisto puede no suponer un gran problema a los proveedores de capital del mismo, pero, como hemos dicho, todo proyecto servirá de ejemplo en algún aspecto para otros proyectos similares en el futuro y, cuando todo el proyecto relacionado con CLARA se expanda a gran escala y a mayor dimensión de producción, cualquier coste imprevisto puede suponer una cantidad importante de gastos extra que complican en gran medida el correcto desarrollo del trabajo.

De nuevo, lo que se debe plantear es la comparativa entre lo que se esperaba que fuera el gasto total del proyecto y lo que realmente fue tras finalizarlo. Como se ha podido comprobar en este periodo de tiempo en el que se ha trabajado sobre dicho proyecto, siempre pueden ocurrir imprevistos que hagan que, en determinadas ocasiones, haya que sacar algún presupuesto extra para arreglar la situación y poder seguir adelante.

En nuestro caso, el imprevisto fue el mal estado de las baterías que obligó a que se tuviera que pedir el recambio correspondiente por parte del fabricante y esperar a que dicho recambio llegara al laboratorio, procedente de Alemania, para continuar con la ejecución del proyecto.

La inversión total realizada en dicho proyecto puede dividirse fundamentalmente en dos grupos: la inversión realizada en cuanto a hardware y la inversión realizada en cuanto a software.

Como inversión de Hardware se obtiene un total de **19.200,00€**, como puede observarse en la siguiente tabla:

INVERSIÓN REALIZADA EN HARDWARE	
Recurso	Coste
Robot CLARA	15.000,00 €
Servidor CGAmed	1.500,00 €
Recambio de baterías	1.200,00 €
Envío de las baterías	200,00 €
Ordenador + periféricos del laboratorio	1.300,00 €
<b>TOTAL</b>	<b>19.200,00 €</b>

Tabla 2.6. Tabla ilustrativa de la inversión realizada en hardware

Por otro lado, en el ámbito del software utilizado durante el periodo de tiempo que conllevó el desarrollo completo del proyecto, la inversión total realizada asciende a la cifra de **35,00€**, únicamente haciendo gasto en Microsoft 365 Personal:

INVERSIÓN REALIZADA EN SOFTWARE	
Recurso	Coste
Visual Studio Code	0 €
QT Creator	0 €
Gazebo Simulator	0 €
Rviz Simulator	0 €
Microsoft 365 Personal	7€/mes
Google Drive/Google Meet	0 €
<b>TOTAL</b>	<b>35 €</b>

*Tabla 2.7. Tabla ilustrativa de la inversión realizada en software*

Una vez tenidas en cuenta todo tipo de inversiones que han sido necesarias en la ejecución del proyecto CLARA y obtenido el sumatorio de cada una de las cifras asociadas a ellas y aplicados los correspondientes porcentajes de costes indirectos e IVA, se concluye con que el coste total del proyecto es de **24.236,10€**.

COSTE TOTAL DEL PROYECTO	
Concepto	Coste
Inversión Realizada en Hardware	19.200,00 €
Inversión Realizada en Software	35,00 €
<b>Subtotal</b>	<b>19.235,00 €</b>
Costes Indirectos (5%)	961,75 €
Aplicación del 21% IVA	4.039,35 €
<b>TOTAL</b>	<b>24.236,10 €</b>

*Tabla 2.8. Tabla ilustrativa del coste total del proyecto*

### 3. ESTADO DEL ARTE

Previo a un diseño de cualquier proyecto de estas dimensiones, es necesario analizar detenidamente ciertos aspectos relacionados, entre otras cosas, con lo que se quiere conseguir, lo que se necesita para conseguirlo, los medios empleados para ello, la preparación del entorno de trabajo y las pautas y guías a seguir en el proceso de implementación del proyecto. Este análisis viene a ser el estudio que define las líneas maestras de una aplicación con vistas a desarrollar una solución mecanizada.

Para realizar un buen análisis previo al diseño de un proyecto, es fundamental responder a una pregunta que nos servirán de guía orientativa sobre la línea de trabajo en la que vamos a movernos en el proyecto: “*¿Existen proyectos similares que me sirvan de base y guía para mi proyecto?*”. [9]

#### *¿Existen proyectos similares que me sirvan de base y guía para mi proyecto?*

A pesar de que el creciente desarrollo en el ámbito de los robots se haya visto más comercializado e industrializado en sectores como las cadenas de montaje automatizadas, los vehículos o los RPA's, en los últimos años, la robótica ha sufrido también un absoluto e inesperado crecimiento en el sector de la **asistencia médica**. Esto principalmente se ha producido por dos razones: la facilidad con la que pueden ser automatizados y la gran utilidad y mejora de calidad de vida que esto supone.

Las residencias actuales han modificado su línea de trabajo, adaptándola a las necesidades reales de los ancianos, estableciendo el plan sanitario adecuado para cada uno de ellos y haciendo que su estancia en ellas no sea una lenta y agónica espera al punto final de sus vidas, sino que lo conciben como una nueva e ilusionante etapa de ellas, en la que disfrutar tanto como lo hayan podido hacer en otros momentos de sus vidas.

Dentro de todo este proceso de modernización del sistema, tienen una gran influencia los robots destinados a la asistencia médica como CLARA, cuya finalidad inicial fue la asistencia médica, a pesar de que su objetivo actual sea la reconversión hacia la robótica social y asistencial y hacer compañía e informar al usuario mediante aplicaciones como el **Pregonero**. Este tipo de robots no solo sirven de distracción para los ancianos y les proporcionan nuevos estímulos que consiguen captar su atención, sino que reducen en gran medida el trabajo del personal dedicado al cuidado, por lo que éstos se pueden dedicar en cuerpo y alma a tareas de mayor importancia como puede ser la elaboración de planes médicos específicos para cada anciano, la discusión detallada con los familiares sobre qué es lo que más conviene al anciano, la programación de las actividades que se van a realizar, etc.

### 3.1. Robots sociales asistenciales. Alternativas similares a CLARA

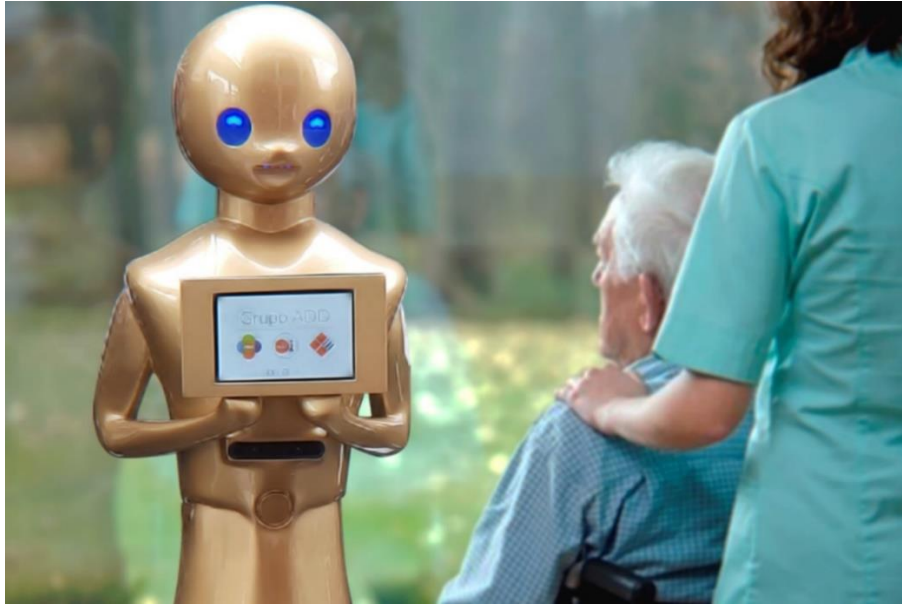
Existen multitud de robots que, a pesar de tener una finalidad común, cuentan con funcionalidades muy distintas y llamativas. Toda la gama de productos que se ofrecen hoy en día hace que haya una competencia cada vez mayor en el mercado y que las residencias se estén abasteciendo cada vez de forma más numerosa de los robots orientados a la asistencia médica. Entre esta amplia gama de productos, uno de los fabricantes que ofrecen proyectos muy similares al que trata en este trabajo, y el cual ha servido de guía en ocasiones por la similitud que presenta con respecto a nuestro robot, es **GrupoADD**. Algunas de las alternativas que ofrece este fabricante en relación con la atención al cliente y el cuidado médico, aparte de otras alternativas presentadas por otros fabricantes diferentes, son los que se describen a continuación. [10]

#### Robot TOKYO de GrupoADD

Este experimentado y multifuncional robot es, sin ninguna duda, el que más se asemeja al prototipo de robot que representa CLARA. Se trata de una tecnología cuidada al detalle y con una gran cantidad de aplicaciones que permiten que su campo de acción sea inmenso, siendo capaz de asistir en eventos o establecimientos como pueden ser en restaurantes, hoteles, residencias de ancianos, en retail o en asistencia médica tomando la temperatura.

A pesar de su multifuncionalidad, el área de trabajo que más directamente nos afecta e interesa es su aplicación en residencias de ancianos, ya que, a fin de cuentas, es el sector en el que más competencia supone para CLARA por sus propiedades y aplicaciones similares.

**GrupoADD** cuenta con una amplia gama de robots con habilidades técnicas muy distintas, como veremos a continuación, pero en concreto, el robot **Tokyo** fue diseñado para colaborar en terapias cognitivas, animación de eventos, acompañamiento a diferentes puntos de la residencia o servicio de habitaciones, lo cual realiza gracias a su sistema de navegación autónoma que le permite moverse por el interior del recinto y transportar alimentos, medicamentos, etc. [11]



*Figura 3.1. Robot Tokyo de GrupoADD [28]*

La forma más eficiente de aplicar estas tareas es a través de conversaciones activas con residentes en las que, por ejemplo, se prueba a introducir palabras clave para detectar estados de ánimo, se actúa como punto de información para mostrar empatía o se intenta que los ancianos resuelvan algún cuestionario.

Además de todo esto, la gran ventaja que presenta **Tokyo** frente al resto es la capacidad de integrar aplicaciones externas, es decir, la libertad de involucrar a terceros en la expansión de sus habilidades. Esto provoca que su conocimiento y capacidad sean ilimitadas al poder recibir información, softwares y programas provenientes de otros creadores.

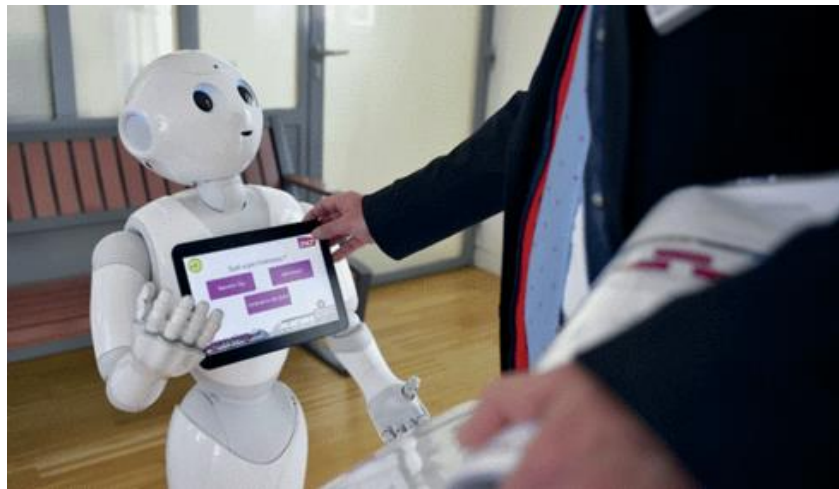
Al presentar tal amplia gama de servicios, es un producto muy cotizado y enormemente vendido en todo el mundo. La línea principal del robot integra servicios como la cámara para videoconferencia en tiempo real con familiares, la petición del menú del día y el reconocimiento facial, que, a su vez, permite la generación de terapias y actividades personalizadas para cada uno de los clientes, así como la fidelización y el acercamiento personal a ellos.

#### Robot PEPPER de GrupoADD

Por otro lado, otro de los interesantes proyectos que presenta **GrupoADD** es el robot **Pepper**. Aunque pueda parecer que sigue la misma línea de producto que **Tokyo**, al contrario que él, **Pepper** está diseñado principalmente con el objetivo de intentar paliar la soledad en las residencias de ancianos. Esto provoca un debate moral inmediato en el que se plantea lo siguiente: ¿Es deprimente depender de un robot precisamente para reducir los niveles de soledad?

Existe un dilema abierto en el que hay un gran número de adeptos hacia ambas partes del debate. Algunos sostienen que lo que pretende la tecnología en el campo de la asistencia social es mejorar la atención que ya está disponible y que es comprendida y bienvenida por quienes la reciben, en este caso los ancianos.

Es precisamente por esa razón que **GrupoADD** se defiende bajo el lema de que no se trata de que **Pepper** reemplace la atención, sino de que sea una herramienta complementaria útil para ayudar a estimular la salud mental de las personas. La mentalidad de trabajo sobre la que se basan todos sus proyectos robóticos asegura que un robot no puede hacer lo que hace un humano.



*Figura 3.2. Robot Pepper de GrupoADD*

En cuanto a servicios y tipo de atención que ofrece, las prestaciones de los diferentes robots dentro de la gama **GrupoADD** son muy similares, por lo que **Pepper** presenta parecidos técnicos en ese aspecto, como pueden ser la pantalla táctil central, el sistema de reconocimiento facial y reconocimiento de voz, el geolocalizador para moverse de manera autónoma por el recinto, etc. A pesar de estas similitudes, lo que **Pepper** está consiguiendo, ya que es un proyecto que actualmente sigue en proceso de prueba y de pulir detalles, es mejorar en gran medida el contacto directo entre el anciano y la máquina. [12]

En definitiva, el proyecto demuestra que el sistema en general podría mejorar la salud mental y el bienestar de las personas para reducir la soledad, y así lo ha confirmado en las diversas pruebas que se han realizado hasta el momento. Además, por mucho que en un primer momento los miembros de una residencia se muestren reacios a la entrada de estas tecnologías en ella, en un momento como el que estamos viviendo en relación con la pandemia, estos robots pueden suponer un apoyo tremendo para los ancianos que no pueden contar con la visita de sus familiares más cercanos.



*Figura 3.3. Robot Pepper de GrupoADD (II)*

### Robot ZORA de ZoraBots

GrupoADD no ha sido el único fabricante que ha servido de referencia a la hora de analizar productos parecidos a CLARA. Utilizan el robot Nao con una implementación enfocado al cuidado de personas mayores, llamada Zora. Para hablar de **Zora** antes hay que comprender que sus creadores, la empresa ZoraBots, es más humilde y limitada que otras empresas líderes en el sector de este tipo de tecnologías. Partiendo de esa base, la clave del éxito absoluto del producto que ofrecen es conseguir la aceptación inicial de todos los miembros de la residencia en la que se introdujo por primera vez. [13]

Todos los ancianos de la residencia de Jouarre (Francia), no solo aceptaron felizmente la introducción de un artilugio robótico en sus vidas, cosa que suele ocurrir justo al contrario por la dificultad de comunicación que supone una tecnología moderna para una persona de la tercera edad, sino que además crearon fuertes vínculos sentimentales y afectivos hacia él casi de manera inmediata.

Al fin y al cabo, las prestaciones de **Zora** son muy similares a las de los robots previamente mencionados, y su objetivo principal viene a ser el mismo, el entretenimiento del cliente a través de la propuesta de juegos, la capacidad de entablar conversaciones o comunicar de manera directa con los familiares, etc. Lo que realmente destaca frente a otros robots es su aspecto, es decir, su éxito se debe a su diseño.

**Zora** está diseñado en unas dimensiones notablemente más pequeñas que otros robots. Su aspecto se asemeja más al de un juguete que al de un artilugio de la complejidad tecnológica de un robot. En definitiva, los ancianos comenzaron a tratarlo como si fuera un bebé. Es obvio entonces que desarrollaran sentimientos y lazos afectivos hacia él de manera tan rápida e inesperada.





*Figura 3.4. Robot Zora de ZoraBots*

A fin de cuentas, lo que se pretende es sacar a los ancianos de la monotonía y la soledad en la que se encuentran en lugares como una residencia de ancianos, donde la mayoría de los pacientes sienten vacíos emocionales a consecuencia de estar separados de sus familiares. Esta es la razón por la que **Zora** ha tenido una creciente expansión hacia mercados de todo el mundo, porque además de lograr el objetivo de mantener entretenidos a las personas con las que interactúa, es capaz de mostrar empatía hacia ellos, ganarse su confianza y hasta conquistar su corazón, proporcionándoles esa dosis necesaria de afecto que quizá muchos de ellos necesiten en determinados momentos.

#### **Robot GIRAFFPLUS de Giraff Technologies AB**

Por último, otro de los ejemplos más ilustrativos que encontramos en cuanto a la competencia que existe en torno a CLARA sería el robot **GIRAFFPLUS**. De nuevo, este robot ofrece una serie de prestaciones que lo asemejan en gran medida al resto de competidores del mercado. Aun así, a pesar de estos parecidos técnicos, el objetivo principal de este robot es distinto al de los otros y es lo que le hace especialmente valorado y cada vez más exitoso hoy en día. [14]

**GIRAFFPLUS**, a diferencia de otros, no se encuentra en las residencias atendiendo en masa a todos los pacientes al mismo tiempo, sino que asiste una por una a cada persona en sus viviendas particulares para tener un trato más único y personalizado hacia cada tipo de cliente según sus necesidades, patologías, etc.

Como ya hemos mencionado, hay casos en los que los familiares no disponen del tiempo ni los recursos suficientes como para estar atendiendo de manera directa y continua a una persona. Si a esto le sumamos la negación del anciano a ingresar en una residencia, es



cuando aparecen problemas logísticos importantes. Aquí entra en juego este robot diseñado y fabricado por la empresa Giraff Technologies AB y financiado por la UE.

Entre las principales aplicaciones y servicios que ofrece están la de comunicarse de manera directa e instantánea con familiares o amigos por videoconferencia, la capacidad de entablar conversaciones y una serie de sensores que le sirven, no solo para guiarse correctamente y poder desplazarse por el recinto sin colisionar, sino también para llevar un seguimiento constante y detallado de la salud del cliente. Esta habilidad de poder medir constantes vitales, presión sanguínea o nivel de azúcar en sangre es una de las mayores ventajas que presenta el robot sobre el resto, ya que, de esta manera, se consigue que el cuidador pueda atender al cliente sin necesidad de estar físicamente presente en su domicilio simplemente en base a los informes de salud generados por el robot.



*Figura 3.5. Robot GIRAFFPLUS de Giraff Technologies AB*

En definitiva, es una alternativa tremendamente útil y ventajosa en los tiempos de pandemia que vivimos porque evita una gran parte de contactos directos innecesarios que podrían propagar el virus y, de esta manera, asegura el correcto estado de salud del anciano tratando de no cambiar en exceso su vida en general al no poder estar en contacto físicamente con sus familiares o amigos.

### **3.2. Discusión final y comparativas**

Una vez analizadas las distintas alternativas que ofrece el mercado similares a lo que se pretende desarrollar, se tiene una visión mucho más general sobre la línea de trabajo seguida por otros competidores, las principales características comunes a todas ellas, y también las características que hacen a nuestro proyecto diferente al resto.

El estudio detallado de los competidores permite conocer la efectividad de las aplicaciones destinadas a la compañía y la transmisión de información que se implementan en robots asistenciales sociales. El objetivo de este Proyecto de Fin de Grado es, en gran medida, similar a alguno de los proyectos previamente descritos, por lo que el éxito o fracaso de estos proyectos sirve como guía para lanzar la interfaz accesible de **El Pregonero**, siguiendo aquellas pautas que han conducido al éxito en otras ocasiones, y corrigiendo aquellos factores que hayan producido errores.

En definitiva, este proyecto se presenta como un refuerzo al mundo de la robótica asistencial, pero con la novedad del tipo de informaciones que va a ofrecer al usuario. Es cierto que existen multitud de robots destinados a aportar compañía y paliar la soledad de los ancianos, pero lo que se pretende con el Pregonero es, además de proporcionar compañía y novedad a la vida del anciano, transmitirle una información que puede ser de gran valor para él en este determinado momento de su vida, como puede ser el día y la hora actuales, el tiempo pronosticado, los cumpleaños que se avecinan o las actividades programadas para cierto día.

Todo ello motiva a desarrollar dicha interfaz accesible y a trabajar en su implementación a través de la pantalla del robot para que en un futuro no muy lejano pueda estar siendo de utilidad real para los miembros de una residencia de ancianos.

## 4. ESTUDIO DE VIABILIDAD

Una parte fundamental de cualquier proyecto técnico es el análisis previo de la situación global y el entorno tanto social como económico en el que se va a desarrollar dicho proyecto para poder determinar de antemano si será viable o no y si el resultado final traerá consigo beneficios o pérdidas.

Es un procedimiento rutinario que se lleva a cabo en todos los trabajos de este tipo y que permite conocer la información necesaria de si la actividad económico-empresarial que queremos llevar a cabo será rentable o no, y descubrir los factores que pueden perjudicar al proyecto para así evitarlos y aumentar las posibilidades de éxito. [15]

### 4.1. Factores del análisis de viabilidad

Nuestro caso no va a ser menos, por lo que es fundamental desarrollar este estudio de viabilidad en detalle para conseguir sentar el proyecto sobre unas bases firmes y conocer las posibilidades de desarrollo que tiene. Para ello, se procede a analizar en profundidad ciertos aspectos relacionados con el alcance del proyecto, el estudio de mercado, los medios necesarios, el análisis DAFO y el enfoque del proyecto. Este análisis se cerrará con la revisión del estudio, en la que se justifica la precisión y el rigor que tiene y se toma una decisión final: llevarlo a cabo o rechazarlo si no se ve viable.

#### 4.1.1. Alcance del proyecto

En un principio, el objetivo único y principal fue normalizar su colaboración en residencias de ancianos exclusivamente, consiguiendo que de aquí a unos años el proceso de desarrollo y adaptación haya sido el suficiente como para que CLARA se convierta en una pieza fundamental dentro del sector del cuidado robotizado y la sanidad asistida.

La idea de los diseñadores de este robot es expandir la línea de negocio también a hospitales y adaptar el producto a la situación actual de pandemia mundial que puede provocar el colapso inminente e inesperado de los hospitales, centros de salud, etc.

Al fin y al cabo, lo que se quiere conseguir como fin último es crear un robot autónomo con funcionalidades muy diversas y completas, que no solo sea capaz de realizar tareas de entretenimiento y colaboración con ancianos, sino que también sea capaz de completar seguimientos personalizados y colaborar con la salud y el estado anímico de cada uno de los pacientes que atiende, es decir, reducir en gran medida el trabajo que en situaciones normales lleva a cabo una persona para que, de esa manera, dichas personas se vean con mayor libertad a la hora de trabajar en labores que puedan resultar de una importancia mayor para la sanidad general.

Más en concreto, a pesar de que el robot tuviera un fin asistencial sanitario, el alcance de este Proyecto de Fin de Grado será reconvertir la funcionalidad del robot hacia la robótica social asistencial y desarrollar la faceta interactiva del robot lo suficiente como para conseguir una accesibilidad total para el usuario. Se busca acabar implementando una aplicación que permita una experiencia completa, intuitiva y que facilite la información al usuario.

#### 4.1.2. Estudio de mercado

Al hablar de estudio de mercado hay que tener en cuenta que nos encontramos ante un mercado que está prácticamente en vías de desarrollo. El mundo de la robótica en general es muy reciente, pero si hablamos de la robótica asistencial y sanitaria, estamos hablando de un sector que podría decirse que prácticamente acaba de nacer. Por este motivo, es fundamental realizar un exhaustivo estudio de mercado dirigido a los escasos productos similares que hayan sido lanzados al público para tener la mayor idea posible del resultado que ha tenido la forma en que cada uno de esos productos fue lanzado e intentar mejorarla para tener un mayor éxito.

Para ello, se han analizado una serie de productos que se asemejan en gran medida a las prestaciones que ofrece CLARA, como los que acaban de describirse, aunque cada uno de ellos esté enfocado a un determinado tipo de público y cuente con particularidades que le hacen distinto al resto. Aun así, estos ejemplos le sirven de referencia para analizar la medida en que han sido prósperos o no, es decir, la estrategia de negocio que se ha seguido para ello, la publicidad que se le ha hecho y, en definitiva, si el número de ventas se ha acercado a las previsiones que se tenían antes de ser lanzado.

Se ha decidido comenzar probando a CLARA a pequeña escala, como un robot funcional y en fase de prueba y mejora, únicamente en residencias y pequeños negocios. Estamos entonces ante un proyecto a largo plazo, ya que, el objetivo último es normalizar la presencia de robots incluso en hospitales y centros de salud para que cuando llegue el momento en el que este tipo de tecnologías no supongan una extraña sorpresa sino una necesidad y una tremenda ayuda, CLARA haya pulido todos sus defectos y haya conseguido adaptarse lo suficiente al cliente como para haberse convertido en uno de los productos más cotizados del sector.

#### 4.1.3. Medios necesarios

Teniendo en cuenta el contexto del proyecto al que nos enfrentamos y la complejidad que presenta trabajar en él, es necesario disponer de una serie de medios que permitan el correcto funcionamiento de las partes operativas del mismo.

Una de las partes fundamentales de las que se va a componer este proyecto es una labor informática intensa y prolongada. Existe un trabajo previo al proyecto que requiere

invertir un considerable número de horas frente al ordenador realizando tareas de comprensión, estudio y análisis de lo que se va a implementar en él. Además de ello, una vez superada esta primera fase, cuando se está procediendo a implementar pequeñas pruebas de funcionamiento sobre el robot a modo de comprobante de que lo que se está haciendo es correcto y adecuado, también se necesita estar constantemente accediendo, de manera simultánea, tanto al robot como al propio código cuando necesite ser modificado en caso de error de la prueba.

Gran parte de la implementación en un proyecto de tal dimensión se basa en el constante uso del ensayo y error. Por tanto, será muy común la práctica de diseñar una pequeña funcionalidad, compilarla y ejecutarla sobre el robot para probar que funcionan de forma individual y así poder ser implementadas en conjunto en un futuro.

Como conclusión a todo esto, los diferentes medios que se pueden llegar a necesitar para llevar a cabo este proyecto se pueden englobar en uno solo, contar con un espacio de trabajo amoldado a su situación. Este espacio de trabajo deberá estar situado en un entorno tranquilo y que favorezca la concentración y el estudio. También deberá contar obligatoriamente con un escritorio lo suficientemente amplio como para disponer en él de un equipo informático completo, con monitor, teclado y ratón, en el que poder desarrollar y crear cada uno de los avances que se irán incorporando al proyecto.

Además, no solo se debe contar con un espacio adecuado para la movilidad en torno al escritorio, sino que, al tener que estar constantemente desplazándonos entre el propio escritorio y el robot a la hora de implementar nuevos avances en él, el espacio de trabajo debe ser lo más amplio y libre posible, tratando de evitar obstáculos o interferencias que puedan retrasar o dificultar la maniobrabilidad.

Añadido a todo ello, también se debe tener en cuenta, no solo el espacio que necesita el humano para trabajar sobre el robot, sino también el espacio que el propio robot necesita para realizar las tareas que le van a ser asignadas, tales como avanzar, retroceder, girar, esquivar, corregir su posición, etc. Por todos estos motivos, es preciso contar con un espacio mucho más amplio, destinado al libre desplazamiento del robot y siempre intentando que el entorno esté desocupado y no haya obstáculos de ningún tipo para el robot.

Al tratarse de un robot de dimensiones prácticamente de tamaño real con respecto a la figura humana, es necesario encontrar un espacio similar al que usarían personas para moverse libremente, pero intentar que tenga el mínimo tránsito de gente posible para no entorpecer las labores de prueba que se ejecuten sobre el robot.

Como conclusión a todo esto, y, teniendo en cuenta las necesidades mencionadas que presenta el proyecto en términos de espacio de trabajo, se concluyó con que una de las mejores opciones, por ser un lugar que reunía todos los requisitos necesarios para poder trabajar sin perturbaciones, sería uno de los laboratorios informáticos del campus de la Universidad Carlos III de Leganés, más concretamente el laboratorio 2.1.B.16.

Dicho laboratorio se encuentra dividido en zonas de trabajo, dedicados a diferentes grupos de investigación del Departamento de Informática de la Universidad, pero todas ellas con

sus correspondientes escritorios ampliamente separados. Esto permitió tener un punto de trabajo adecuado para desarrollar el proyecto, a la vez que se tenía el robot de CLARA lo suficientemente cerca como para comprobar que dichos desarrollos funcionaban como se esperaba.

En cuanto al espacio destinado al libre movimiento del robot, se escogió el pasillo B de la 1ª planta del edificio Sabatini del campus, pasillo por el cual se accedía al propio laboratorio, pero por el cual el tránsito de personas circulando era mínimo, lo cual permitió que las pruebas operativas de movimiento se completaran siempre de manera fructífera.

#### 4.1.4. Análisis DAFO

Para hablar de las **debilidades** es necesario entender que el producto con el que se está trabajando está siendo sometido a los procedimientos necesarios que hay que realizar antes de ponerlo en venta, es decir, todo lo relativo a las pruebas de funcionamiento, la corrección de errores obtenidos en estas pruebas, la mejora de funcionalidades para convertirlo en un producto más competitivo y preparado, etc. Todo esto hace que encontremos debilidades en CLARA como pueden ser la inestabilidad del funcionamiento de sus componentes, ya que aún no han sido sometidos al trabajo constante y prolongado durante horas en activo, o la incertidumbre que encontramos en un mercado prácticamente nuevo en el que no tenemos certeza de que un lanzamiento de estas características vaya a tener éxito o no.

En relación con estas debilidades, cabe mencionar alguna de las **amenazas** que podemos encontrarnos y que pueden ser factores determinantes a la hora de decidir si se quiere seguir adelante con ello o no. La clave de estas amenazas es algo que ya se ha visto en otros sectores relacionados con la relación entre el hombre y la máquina, y no es otra que el hecho de que la salud de una persona dependa de una máquina, lo cual nunca es aceptado como una idea segura y sobre la que se quiera invertir dinero. Muchos preferirán seguir dependiendo de otra persona, aunque eso suponga un mayor gasto en sueldo y mayor esfuerzo por parte del trabajador, antes que dejar sus vidas en manos de artilugios que no se sabe cuándo pueden fallar y suponer un error irreparable. Por este motivo, es imprescindible realizar una labor de perfeccionamiento absoluto de la herramienta para conseguir ganarse la confianza del público al que va a ir dirigido.

La otra cara de la moneda reside en la capacidad de los desarrolladores de estas tecnologías para hacer de estos robots máquinas cada vez más perfectas y reducir sus posibilidades de error hasta extremos insospechados, es decir, las **fortalezas** que ofrecen productos como CLARA. Lo que es evidente es que, una vez se dejan a un lado estas inseguridades, los robots de asistencia sanitaria pueden llegar a ser determinantes en la ayuda para salvar vidas. Las capacidades que tienen y los servicios que ofrecen pueden hacer que los planes sanitarios se lleven a cabo de manera mucho más ordenada, se eviten

negligencias y fallos de medicación o incluso se consigan detectar enfermedades antes de que un médico pueda diagnosticarlo por su propio razonamiento.

Por último, y repitiendo una vez más lo previamente mencionado, un sector tan abierto y en vías de expansión ofrece una enorme cantidad de **oportunidades** a los desarrolladores de estas tecnologías, lo cual puede ser un arma de doble filo, aunque con un estudio previo detallado y un proyecto cuidadosamente estructurado y ejecutado, se pueden llegar a conseguir resultados increíbles. En estos tiempos que corren, se van abriendo constantemente nuevos caminos y territorios inexplorados que hacen que cualquiera que se involucre en un proyecto de estas características tenga la opción de explotar una mina de oro.

#### 4.1.5. Enfoque del proyecto

Es evidente que el requisito principal para poner en marcha el proyecto pasa por lograr un buen estado general de cada uno de los componentes del robot. Lo que se pretende a toda costa es evitar sorpresas a mitad de proyecto que dificulten o retrasen el desarrollo del mismo. Para ello, es necesario realizar una exhaustiva labor de mantenimiento, y que se lleve a cabo de manera constante y controlada.

Otro de los requisitos fundamentales es definir el enfoque, es decir, establecer las prioridades que, a la larga, conseguirán que el proyecto salga adelante de la manera más próspera posible. Para ello, es importante plantearse el uso de estructuras existentes o el desarrollo interno de un sistema personal y propio desde cero.

En ese sentido las prioridades que decide tomar el Consorcio Europeo de Desarrollo para la Robótica, tras años de investigación, pasan por desarrollar de primera mano tanto software como hardware. De esta manera se consigue tener un mayor acceso al sistema operativo y al propio robot en sí mismo, lo que permite solucionar cualquier problema, interferencia o bloqueo del sistema que haga que, en un momento determinado, el robot pueda dar fallos. Lo que se pretende con esto es tener la rapidez y agilidad para resolver cualquier incidencia en el menor tiempo posible para que el proyecto pueda seguir su curso sin complicaciones adicionales.

Existen otras soluciones propuestas en relación con este enfoque del proyecto, como, por ejemplo, la cercanía y el buen trato que se tienen con los proveedores de materiales por si hubiera algún fallo y se necesitara el recambio de alguna pieza en mal estado. También destaca el desarrollo de una amplia multifuncionalidad para CLARA que le permita expandirse por diferentes mercados, lo cual se hace para que se pueda recuperar la inversión inicial en cualquier otro mercado en el caso de que no tuviera éxito en un sector en el que se preveía que sí lo hiciera.

#### 4.1.6. Revisión final y conclusión

Quizás la parte más importante de todo proyecto es cuando se decide si llevarlo a cabo o no. Una vez tenidos en cuenta todos los factores que pueden influir a que un proyecto tenga éxito o desvíe su camino hacia el fracaso y se hayan analizado detalladamente el mercado, las previsiones de gastos y ventas, el DAFO y la viabilidad en general, solo existen dos opciones: si el resultado del análisis previo es positivo, se procede a dar comienzo al desarrollo del proyecto, pero, por otro lado, si el resultado es negativo, se decide si bien el proyecto debe ser cortado antes de empezar, o bien se analiza si sale rentable cambiar aquello que provoca que el proyecto vaya a salir mal para empezar con buen pie el desarrollo del mismo.

En nuestro caso, CLARA es un proyecto que desde un primer momento se ha desarrollado como un trabajo ilusionante, no solo porque desde el principio se haya creído que iba a acabar siendo exitoso, sino por el hecho de que cada uno de los miembros involucrados en su desarrollo siempre ha trabajado sabiendo que estaban colaborando en un proyecto que podía cambiar el mundo de la atención a la tercera edad y, con ello, ayudar a muchas vidas humanas.

La conclusión de todo este análisis es que, no solo hace falta que el estudio previo a lanzar un proyecto obtenga resultados favorables sobre su lanzamiento al público, sino que también es de vital importancia la línea de trabajo que se siga, la mentalidad, el tener claro el fin último de lo que se está haciendo, el entorno, el ambiente, etc.

En definitiva, CLARA se presenta como un proyecto difícil y complejo, pero con una precisión y un rigor adecuados a esta complejidad. Se ha comprobado que las bases sobre las que se asienta son firmes, su estructura es sólida y, por los competidores existentes en el mercado actual, se posiciona como una de las tecnologías más rentables a medio y largo plazo. A todo ello se le suma el hecho de que las previsiones realizadas han proporcionado resultados que se ajustan a la idea de lanzamiento que se tiene, tanto en el tema de los costes estimados que se van a necesitar, como en el tema de las ventas y beneficios que se van a generar.

En cuanto a la interfaz accesible desarrollada, se cuenta con los medios necesarios para conseguir un resultado competente y a la altura de las expectativas. La tecnología ofrecida por el entorno de trabajo facilita el desarrollo digital de la aplicación y la base global de trabajo sobre la que se asienta el proyecto permite investigar lo suficiente como para acabar solventando cualquier irregularidad que surja y desarrollando un producto intuitivo y eficaz.

Por todo ello, y siendo conscientes del esfuerzo y el trabajo que supone sacar adelante un proyecto de estas dimensiones, se decide llevar a cabo la configuración y puesta en marcha de este robot asistencial y el desarrollo de una interfaz accesible para personas mayores con el fin de acabar logrando su introducción por todo lo alto en el mundo de la asistencia programada.



## 4.2. Entorno socioeconómico

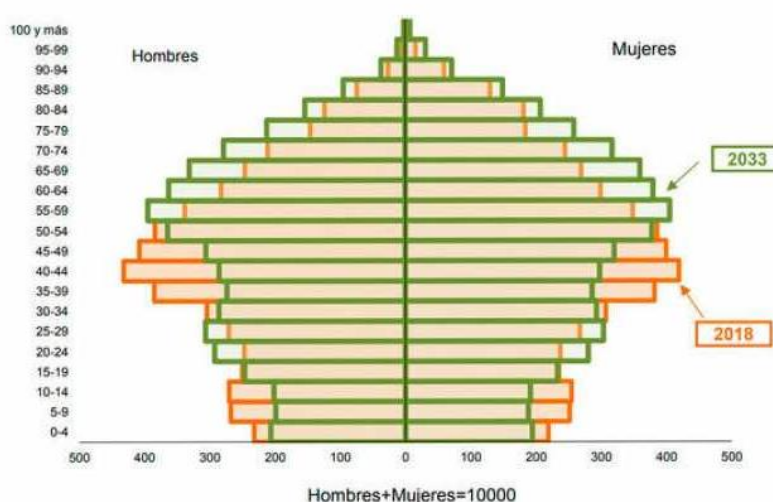
Otro de los estudios previos con mayor importancia dentro del proceso de ejecución de un proyecto es el estudio del entorno socioeconómico en el que se va a mover dicho proyecto.

Este estudio se preocupa principalmente por el análisis de la estructura demográfica de la población en que se desarrolla, su dinamismo, el estado de la salud humana y los atributos económicos en el área de estudio, como pueden ser el empleo, los ingresos, el comercio o el desarrollo industrial. Como su propio nombre indica, la socioeconomía analiza la relación que existe entre la vida social y la actividad económica. Sin embargo, hoy en día, y más aún en proyectos técnicos como al que nos estamos refiriendo, la socioeconomía se entiende como el estudio o análisis del impacto social de algún tipo de cambio económico. [16]

Es fundamental conocer el impacto que puede provocar el desarrollo y lanzamiento de una herramienta como CLARA en el entorno en el que está destinado a lanzarse para priorizar las inversiones y garantizar que el proyecto tenga una escala óptima. Además, este estudio da un carácter objetivo a la creación de valor social y económico, y es fundamental si se quiere hacer un uso óptimo de los recursos de los que se dispone.

Para analizar de manera detallada este impacto hay que tener en cuenta un factor fundamental relacionado con el envejecimiento poblacional previsto para los próximos años. Son muchos los estudios demográficos que demuestran que la media de edad de la población en general en España va a verse seriamente aumentada en las próximas décadas por factores como el avance de la ciencia y las mejoras en medicina. Tal es la importancia de este dato, que se estima que para 2033, de los 49 millones de habitantes que habrá en España, el 25% de ellos tendrán una edad superior a 65 años. [17]

**Pirámides de población de España (años 2018 y 2033)**



*Tabla 4.1. Gráfico de envejecimiento poblacional entre 2018 y 2033*

En definitiva, el entorno socioeconómico en el que se engloba el proyecto ofrece una muy buena oportunidad a tecnologías como CLARA de introducirse en el mercado de manera cada vez más firme hasta conseguir consagrarse como una herramienta de uso común entre las residencias, debido a la necesidad de abastecerse de ellas cuando el número de integrantes aumente y no se tengan medios suficientes como para atender a todos ellos.

Aun así, es cierto que el proceso de integración de estas tecnologías en residencias de ancianos puede prolongarse por un periodo de tiempo grande, debido a la complejidad que tiene la introducción de un robot en un entorno como el de las personas de la tercera edad por la dificultad que puedan tener a la hora de entender el funcionamiento de una tecnología tan avanzada para su época. Aun así, la generación de ancianos que habrá dentro de varias décadas será una generación mucho más familiarizada con tecnologías como los robots, no como la generación actual.

### 4.3. Normativa y marco regulador

A pesar de que el proyecto se desarrolla en un marco regulador y jurídico que apenas se ha desarrollado como es el robótico, a lo largo de los últimos años se han ido estableciendo de manera progresiva cada vez más normativas que regulan este mundo en vías de expansión.

Todas las normativas relacionadas con el proyecto se recogen en la **Resolución del Parlamento Europeo** del 16 de febrero de 2017, con recomendaciones destinadas a **La Comisión sobre normas de Derecho civil sobre robótica**. [18]

Aun así, no solo las normas relacionadas con la robótica son las que se deben tener en cuenta a la hora de realizar este proyecto, ya que, la robótica asistencial cuenta con multitud de accesos a la privacidad de los usuarios que hacen uso de ella. Cuando se habla de privacidad, se está refiriendo a los datos personales de cada uno y de las bases de datos que almacenan la información privada a la que se va a acceder cuando, por ejemplo, el robot quiera conocer las patologías que presenta un anciano, la medicación que debe tomar, su fecha de cumpleaños, sus preferencias, etc.

Por todos estos motivos, se deben codificar y proteger las bases de datos a las que se va a acceder y que contienen este tipo de información confidencial para evitar cualquier tipo de transferencia ilegal de datos. Para ello, se implanta la **Ley Orgánica 3/2018** [19] de protección de datos personales, así como su equivalente superior a nivel europeo, que es el **Reglamento (UE) 2016/679 europeo** [20] de protección de datos.

Por último, otro aspecto legal a tener en cuenta es el tema relacionado con las grabaciones y la privacidad de imagen de los usuarios. El robot cuenta con diferentes cámaras que emplea en labores como el reconocimiento facial. Será necesario, entonces, asegurar la protección de imagen mediante el acatamiento de la **Ley Orgánica 1/1982** [21], la cual únicamente asegura que la captación en cámara de cada uno de los usuarios es previamente consentida por ellos e impide su divulgación con fines comerciales.

## 5. INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA EN CLARA

Un factor fundamental a la hora de ponerse a trabajar con una herramienta de la complejidad de CLARA es preparar el entorno de trabajo de manera que podamos adaptarnos de la mejor forma posible al robot y sacar así el máximo beneficio de él. Para ello, es fundamental realizar un estudio previo con el fin de analizar a fondo la herramienta a la que nos enfrentamos, no solo físicamente para conocer cada uno de sus componentes y cómo funcionan, sino también desde el punto de vista del análisis de su arquitectura de sistema, software, etc.

En relación con la **preparación del entorno de trabajo**, y dejando a un lado los problemas de baterías experimentados a la hora de poner en marcha el robot, la primera tarea básica en relación con la creación de la API para CLARA era realizar un listado de todas y cada una de las funcionalidades que el robot era capaz de hacer a través de sus componentes.

En un primer momento, se hizo un listado correspondiente a las funcionalidades que ya estaban previamente implementadas en CLARA y, analizando las funcionalidades que debían ser implementadas en el proyecto, se pudo entender qué funcionalidades estaban ya incluidas y cuáles habría que desarrollar desde cero.

### FUNCIONALIDADES YA IMPLEMENTADAS

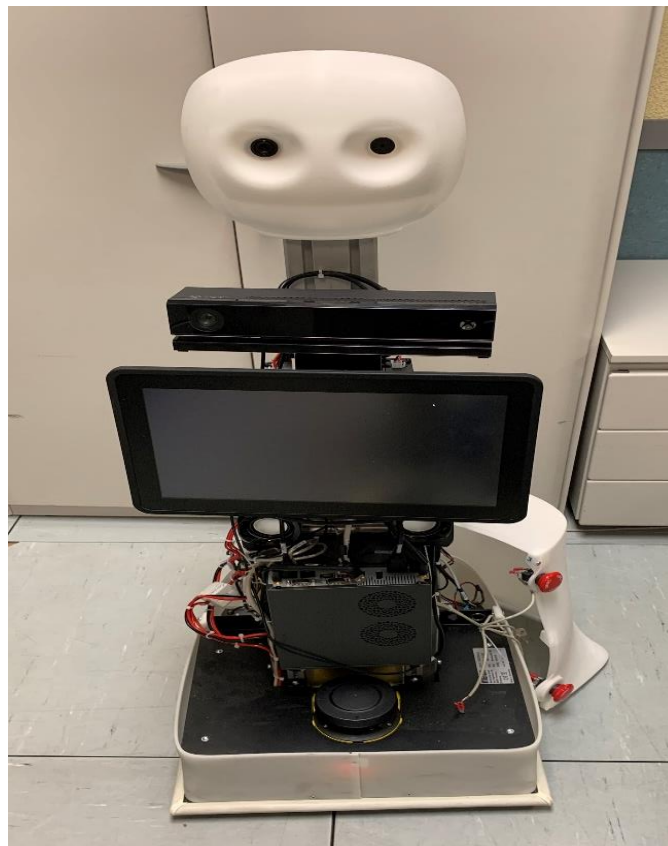
TAREA	COMPONENTE	SOFTWARE
Detectar persona	Cámara Kinect	CogniDrive de MetraLabs
Hablar	Text-To-Speech	Microsoft Speech Platform SDK
Escuchar	SpeechAgent	Microsoft Speech Platform SDK
Detectar obstáculo	Corte Láser	CogniDrive de MetraLabs
Encender Ojos	Leds	Dispositivo Hardware LED
Parada de emergencia	Botones de emergencia	ROS

Tabla 5.1. Funcionalidades ya implementadas en el sistema del robot

## 5.1. Robot CLARA: componentes del robot y cómo funcionan

Como ya ha sido mencionado, en estos tiempos que corren, los robots son máquinas cada vez más comunes al ojo humano y más frecuentes en nuestro día a día. A pesar de ello, a la hora de involucrar herramientas de este calibre en proyectos técnicos, es de vital importancia estudiar detalladamente la lógica de funcionamiento que esconden esa apariencia semihumana y esos comportamientos preprogramados.

En concreto, nuestro robot CLARA presenta un aspecto similar al de una persona de una altura aproximada de unos 145 cm, que se compone principalmente de un tronco sin ninguna articulación y una cabeza sostenida sobre él. Dentro de él se ubican los dos ordenadores centrales que componen al robot. El primero funciona mediante el sistema operativo Windows y su objetivo principal es hacer funcionar el sistema Kinect. El segundo, funciona mediante Linux y es donde se encuentra el software principal del robot.



*Figura 5.1. Parte delantera robot CLARA desarmado*

Toda la estructura robótica que compone el torso de la máquina se compone de un chasis reforzado y esta estructura es la encargada de sujetar la cabeza, con la cual comparte material. Justo debajo de la cabeza encontramos el dispositivo Kinect de reconocimiento del movimiento, un dispositivo que consta de una pequeña cámara de contacto a la cual acompañan un micrófono singular y una entrada USB.



*Figura 5.2. Dispositivo Kinect de reconocimiento*

Si seguimos con el orden descendente, el siguiente dispositivo que encontramos es una pantalla de 13.3'' que será la gran protagonista de este Trabajo Fin de Grado, ya que es la encargada de proyectar de manera directa la interfaz gráfica que va a ser desarrollada, completando la interacción con la voz del robot. Dicha pantalla mostrará distintas opciones según la función que esté llevando a cabo el propio robot y mediante su capacidad táctil será capaz de almacenar las distintas selecciones de cada uno de los usuarios en cada momento.



*Figura 5.3. Pantalla/Display central del robot CLARA*

Toda la estructura robótica se encuentra atornillada de manera vertical tanto por su cara frontal como por la trasera para proteger a los dos ordenadores, custodiados en el interior, de cualquier agente externo. Dicha estructura se compone también de dos botones rojos destinados a la parada de emergencia en caso de necesitar un corte de suministro para evitar incidentes o simplemente para cuando se quiera parar el robot por la seguridad tanto del paciente como del entorno en sí.

Estos botones se encuentran desactivados por defecto para hacer funcionar al robot adecuadamente, pero intervienen de manera instantánea al ser pulsados con el fin de cortar cualquier comportamiento inapropiado del mismo que pudiera provocar algún incidente indeseado.



*Figura 5.4. Botones de emergencia del robot CLARA*

Por último, en su extremo inferior, CLARA se apoya sobre una base metálica que contiene a ambos lados las ruedas que le permiten el movimiento hacia todas las direcciones posibles. También encontramos a esta altura del robot la llave de paso que actúa como interruptor (*switch*), que lo enciende y apaga. Para acabar, en la parte inferior de dicha placa se encuentran las palancas de contacto que se activan cuando se quiere poner a cargar el robot, para lo cual se posiciona sobre la base de carga de este.

Esta base de carga es el único componente externo al propio cuerpo del robot y es la que permite a CLARA recibir alimentación de la red para así ser cargado en caso de falta de batería.



*Figura 5.5. Base de carga del robot CLARA*

Teniendo ya una idea general de los componentes del robot CLARA, es importante hacer especial hincapié en la explicación detallada del funcionamiento de cada uno de ellos para comprender adecuadamente, tanto las funciones del robot que vamos a particularizar para este proyecto en concreto, como la manera en que vamos a hacerlo.

- **PC Intel NUC:** Ordenador con Windows incorporado destinado al reconocimiento facial, de voz y captura del movimiento.
- **PC Shuttle DH170:** Ordenador con Linux incorporado destinado a ejecutar el software principal de CLARA y la arquitectura CogniDrive.
- **Unidad de control principal MetraLabs HG4:** Controlador principal del sistema del robot encargado de hacer funcionar motores y fuente de alimentación.
- **Batería:** Encargada de proporcionarle la alimentación al sistema.
- **Motores:** Encargados de proporcionarle capacidad de movimiento al robot.
- **Microsoft Kinect2:** Sensor encargado de controlar el movimiento.
- **LIDAR:** Dispositivo de seguridad encargado de evitar colisiones, estableciendo distancias de seguridad y reduciendo la velocidad en caso de detectar la aproximación un obstáculo.
- **Pantalla 13.3" con panel táctil:** Pantalla a través de la cual se mostrará la interfaz gráfica y se interactuará con el usuario.
- **Cámara Edimax 31115W-wifi:** Cámara IP destinada a la vigilancia online.
- **Cámara web Logitech C310:** Cámara destinada a la grabación de las sesiones realizadas a través del robot.
- **Micrófono para captura de audio.**
- **Altavoz:** Dispositivo asociado al TTS y destinado a la salida de audio.



## 5.2. Arquitectura del sistema del robot CLARA

El hecho de que se asocie tanto a robots con seres humanos va más allá de una mera apariencia física similar. La forma de actuar y la lógica de funcionamiento son aspectos que también se asemejan en gran medida cuando comparamos a los robots con personas. [22]

Los componentes internos que forman la arquitectura del sistema de un robot son principalmente cuatro: **controlador**, **sensores**, **actuadores** y **alimentación**.

Los **sensores** de los que se compone un robot son los encargados de recibir estímulos y medir magnitudes físicas del entorno para después formar diferentes datos de medición. Existen dos tipos diferentes de sensores que se pueden encontrar en un robot: los primeros son los encargados de medir el estado interno del robot, como por ejemplo la velocidad o la fuerza de cada una de sus articulaciones. Los segundos son los encargados de recoger información sobre el entorno exterior en el que trabaja el robot, como pueden ser los medidores de temperatura, luz, sonido, etc.

Lo mismo ocurre en las personas cuando captamos todo tipo de informaciones del medio que nos rodea. Esta información, recibida a través de nuestros sentidos, es enviada al cerebro para que la procese. En el caso de los robots, la función de procesamiento es llevada a cabo por el **controlador** principal, el cual recibe como entrada las señales emitidas por los sensores, y produce como salida las órdenes pertinentes a cada uno de los actuadores.

Estos **actuadores** son los encargados de convertir las señales digitales procedentes del controlador en señales físicas, como por ejemplo una modificación mecánica del movimiento. Los controladores que encontramos con mayor frecuencia en robots son los motores relés o acondicionadores hidráulicos y neumáticos.

Por último, otro componente fundamental es la **alimentación**. En general, todo el trabajo que realiza el sistema robótico suele necesitar una gran cantidad de energía, la cual es facilitada por los sistemas de alimentación. Para ello, los robots se componen esencialmente de baterías o células fotovoltaicas con la capacidad suficiente para abastecer al sistema robótico global. Esta capacidad se mide en amperios por hora (A/h) e indica la corriente que son capaces de proporcionar durante un determinado tiempo.

Habiendo explicado previamente las partes de las que se compone nuestro robot CLARA, podemos ahora particularizar, para nuestro caso, los componentes internos que forman la arquitectura del sistema de un robot. La arquitectura de sistema que se ha seguido para este proyecto no es otra que la arquitectura inicial diseñada para el proyecto CLARC.



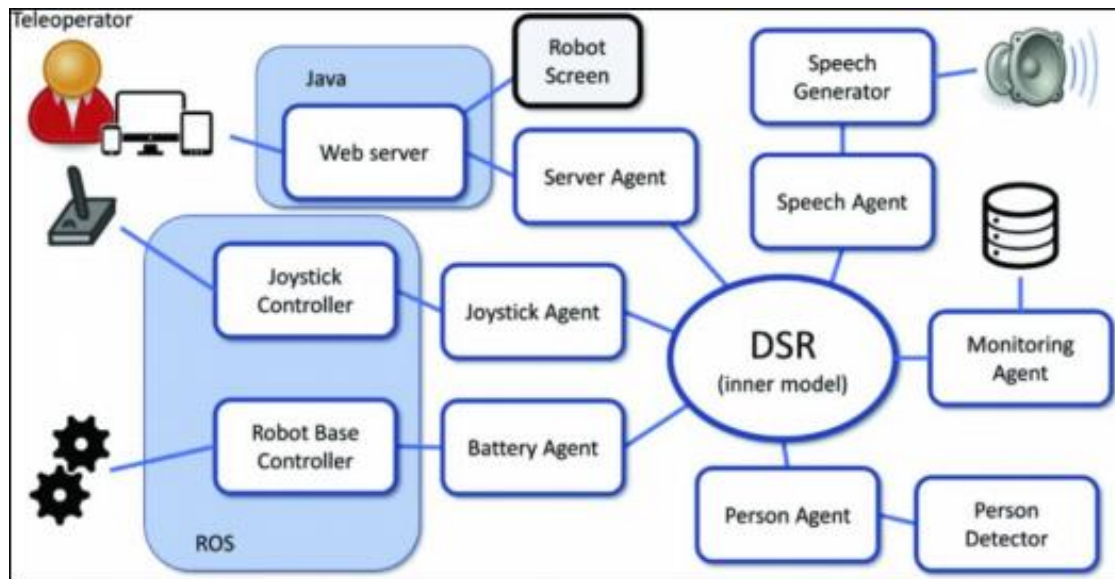


Tabla 5.2. Arquitectura interna del sistema de CLARA

En cuanto a los **sensores**, destaca principalmente la actuación de la cabeza del robot, la cual es una de las encargadas de recibir estímulos del exterior para así procesarlos en el interior y actuar en base a ello. El ejemplo más representativo de esto, que además refleja perfectamente el comportamiento humano, es la recepción de sonidos y la posterior emisión de sonidos, lo cual simula una conversación.

Es el componente **SpeechAgent** el que se encarga de hacer que CLARA hable, escuche y comprenda. La voz de CLARA se genera a partir de texto mediante el software *Text-To-Speech (TTS)* o *Speech Generator* proporcionado por *Microsoft Speech Platform SDK*. Este software también se utiliza para el reconocimiento de voz, con la ayuda de gramáticas específicas que se cargan para cada pregunta, con el fin de maximizar las tasas de reconocimiento. Además, el componente **SpeechAgent** actualiza el *Inner World* agregando atributos a los bordes y nodos para indicar si la persona y el robot están hablando o no.

Otros dispositivos relacionados con los sensores son el dispositivo Kinect, el micrófono, la entrada USB o los pulsadores de parada de emergencia situados en la parte frontal del cuerpo.

En cuanto a las **unidades de control** principales hablamos de los dos ordenadores de los que se compone internamente, que como ya se ha explicado, procesan la información recibida del medio y provocan una respuesta sobre los actuadores.

Uno de estos ordenadores es el **Intel NUC** con Windows como Sistema Operativo principal. Como se ha mencionado previamente, es el que ejecuta el software encargado de recibir sonidos del exterior y emitir sonidos desde el interior. La recepción de sonidos se lleva a cabo mediante reconocimiento de voz a través del componente *SpeechAgent*, el cual incluye un pequeño micrófono que capta los sonidos para ser procesados más tarde,

mientras que la emisión de la voz de CLARA, que se produce a partir de texto, es ejecutada por el componente *Text-To-Speech (TTS)*. Ambos componentes son proporcionados por la *Microsoft Speech Platform SDK*.

Además, otro componente ejecutado por este ordenador será el *SDK de Microsoft Kinect*, un pequeño dispositivo situado encima de la pantalla central que será el encargado del análisis y rastreo de los diferentes usuarios, identificando en cada caso al anciano que se encuentra delante del robot.

Esta Kinect es capaz de procesar gestos particulares, monitorizar comportamientos y posiciones del usuario y rastrear el movimiento corporal del paciente, almacenándolo para analizarlo cuando sea necesario. Todo ello es realizado a través de algoritmos de análisis de marcha basados en parámetros que procesan el movimiento, primero dividiéndolo en acciones discretas y luego evaluando cada acción por separado. Esto es posible mediante la integración del software CogniDrive de MetraLabs, el cual maneja los movimientos del robot, permitiéndole navegar y autolocalizarse en entornos interiores similares a oficinas.

En el caso de estos **actuadores**, nos encontramos con la pantalla central, capaz de mostrar diferentes interfaces accesibles para los usuarios y el motor que activa y desactiva el movimiento de las ruedas y, en consecuencia, el movimiento global del robot en función de la información que le llegue por partes de las unidades de control.

Uno de los elementos centrales más importantes en la arquitectura física del robot es su pantalla central. Esta pantalla es el intermediario directo entre la lógica de funcionamiento de CLARA y el mundo exterior, ya que, a través de ella se muestran los mensajes que se quieren mostrar entre la máquina y el humano. El panel es el encargado de controlar la pantalla táctil de CLARA, la cual se utiliza para mostrar la interfaz paciente-robot y recopilar las respuestas de los pacientes.

Además, por su capacidad de almacenaje de respuestas, la pantalla central será de vital importancia, para ejecutar la interfaz accesible que vamos a desarrollar, es decir, la funcionalidad del **Pregonero**.

Para finalizar, como elementos de **alimentación**, CLARA cuenta con la llave de arranque, imprescindible para permitir el paso de la alimentación, así como con las palancas situadas en la parte más baja del robot, que dan paso a la entrada de corriente eléctrica desde la base de carga.

### 5.3. Puesta en marcha de CLARA

Como en todo proceso de adaptación del entorno de trabajo ante un proyecto técnico determinado, en el caso de trabajar con aparatos con una complejidad de software como la de un robot, es necesario seguir un procedimiento de instalación meticuloso y controlado. Este proceso abarca desde la puesta en marcha del propio robot, hasta la

instalación completa de los sistemas operativos y programas necesarios para conseguir que el robot cumpla con las funciones que se le van a pedir.

No solo es preciso que este procedimiento sea llevado a cabo con total cuidado y precaución de no dañar ninguno de los componentes del robot, ya sean internos o externos, sino que también es vital que, posterior a esta puesta en marcha, se realice un correcto mantenimiento del robot, comprobando cada cierto tiempo el correcto funcionamiento de sus componentes, evitando largos periodos de inactividad, etc.

Este tipo de descuidos en el trato recibido por CLARA provocaron que, a la hora de intentar ponerlo en marcha para iniciar nuestro proyecto sobre él, nos encontráramos con grandes trabas que fueron dificultando cada vez más nuestra tarea. Estos obstáculos en un primer momento parecían ser de una importancia menor, pero a medida que tratábamos de corregirlos, nos íbamos dando cuenta del peso del problema y de la importancia que conlleva un buen mantenimiento para evitar ciertas averías que no solo dificultan, sino que también retrasan en gran medida un proyecto de estas dimensiones.

#### 5.4. Dificultades e impedimentos en el arranque de CLARA

En nuestro caso, el principal problema que presentó CLARA fue a la hora de arrancar. Como ya se ha mencionado, el desencadenante fue su gran periodo de tiempo de inactividad (superior a seis meses) previo a intentar ponerlo en marcha, lo cual provocó una descarga total de las baterías que impedía la llegada de la corriente cuando se conectaba a la red eléctrica.

El robot llegó al campus de la Universidad Carlos III de Madrid en Leganés a principios de marzo, y, por la cuarentena provocada por el Covid-19, el proyecto que giraba en torno a él se vio retrasado en gran medida. No fue hasta principios de septiembre que se hizo un primer intento de arranque de CLARA, sin ningún éxito. Además, previo a su llegada a nuestra universidad, el robot estuvo cierto tiempo inactivo en su destino anterior, la universidad de Málaga, la cual ha servido de gran apoyo en la búsqueda de una solución al problema del arranque proporcionándonos ciertos consejos en base a su experiencia con el robot y los problemas que ellos sufrieron antes que nosotros.

Otros grandes organismos que han colaborado en los numerosos intentos de encender al robot han sido principalmente la Universidad de Jaén y, en mayor medida, MetraLabs GmbH Neue Technologien und Systeme, la empresa creadora de la estructura robótica en el proyecto CLARC. Esta última, como gran conocedora de la tecnología, ha supuesto un apoyo imprescindible para acabar consiguiendo nuestro propósito de poner en marcha al robot e implementar nuestro proyecto particular sobre él, ya que, en todo momento nos han suministrado, no solo de ayuda virtual a través de videoconferencias explicativas, sino también de los materiales necesarios en cada momento para sustituirlos por los dañificados.

#### 5.4.1. Mal estado de las baterías

Fueron bastantes las pruebas y mediciones que tuvieron que hacerse para descubrir que el problema desde el principio fue el mal estado de las baterías, que finalmente resultaron estar completamente descargadas y dañadas por la falta de uso. La causa directa de esto fue la incapacidad que tienen las baterías de un robot que está en una fase puramente experimental para mantener su correcto funcionamiento después de varios meses sin recibir ningún tipo de estímulo externo.

El error que se obtuvo en el primer contacto directo que se tuvo con el robot fue que al intentar ponerlo a cargar siguiendo el método tradicional, no se conseguía obtener ningún tipo de respuesta. Este método de carga consiste en posar el robot, que consta en de unas palancas de contacto en su parte inferior, sobre la propia base de carga para que, al hacer contacto, se transmita la corriente eléctrica de una a otra, pero como se ha mencionado, al no obtener respuesta, se dedujo que la corriente no estaba llegando de manera correcta a las baterías del robot por algún motivo determinado.



*Figura 5.6. Robot CLARA en posición de carga*

Ante esta situación, se procedió a contactar con la Universidad de Málaga porque, al venir de allí el robot, se supuso que sabrían asesorarnos sobre como solventar el problema. Efectivamente, ellos tuvieron un problema similar de arranque de CLARA, el cual resolvieron tras hablar con MetraLabs y realizar ciertas modificaciones sobre el robot. Después de hablar con ellos y habiendo recibido los consejos pertinentes, se procedió a realizar el proceso de reparación sobre CLARA.

En primer lugar, se procedió a desatornillar la base de carga para examinar su circuito interno y su manera de actuar cuando se enchufaba a la corriente. Todo parecía correcto, ya que, funcionaba de la misma manera que funcionaba en Málaga, lo cual parecía indicar que el problema sería el mismo al que tenían ellos. Más tarde, siguiendo sus indicaciones, se manipuló el circuito situado en el interior de la base de carga. La primera solución que se probó fue tratar de hacerle un puente a la placa de control desconectando, de paso, dicha placa por seguridad para ver si el problema estaba en la circulación de la corriente por dicha placa.



*Figura 5.7. Circuito interno de la base de carga sin puente*



*Figura 5.8. Circuito interno de la base de carga con puente*

Ya con el puente hecho, al colocar al robot en posición de carga y arrancarlo, éste se encendía durante aproximadamente un minuto, emitiendo luz y sonido como si estuviera cargando, pero tras ese tiempo se desconectaba automáticamente. Comprendimos entonces que el problema al que nos enfrentábamos no era el mismo que tuvieron en Málaga, por lo que hubo que medir voltajes en diferentes puntos estratégicos para comprender por donde estaba circulando la corriente y por donde no.

Multímetro en mano, y con la ayuda de un operario de mantenimiento de la universidad, al que agradecemos su ayuda, se midió, en un primero momento y con la corriente eléctrica circulando, los bornes positivo y negativo correspondientes a la salida de la base de carga, obteniendo como resultado una salida de 36V.



*Figura 5.9. Medición del voltaje circulando por la base de carga del robot (36V)*

MetraLabs nos confirmó que el voltaje de salida de la base de carga era el correcto, por lo que, si el robot no estaba cargando, no era porque no le llegara la carga de la base, sino porque no era capaz de recibirla, es decir, el problema lo tenía el robot, no la base de carga.

Fue entonces cuando se decidió contactar con los creadores del sistema robótico de MetraLabs en Alemania de forma directa a través de Skype para que, en vivo, nos fueran aconsejando de manera más rápida sobre cómo proceder y así pudieran darnos una explicación sobre qué era lo que estaba sucediendo. Para ello, previo a nuestra llamada con MetraLabs se tuvo que desmontar parte por parte cada uno de los componentes de la carcasa externa de CLARA para que así, cualquier orden de medición que nos dieran, pudiera ser ejecutada de manera rápida. Todo este proceso tuvo que ser realizado de cuidadosamente y sin perder detalle de donde se situaba cada uno de los componentes, tornillos y uniones para que, una vez arreglado el problema de las baterías, supiéramos recolocar cada cosa en su sitio y seguir trabajando con el robot como si nada le hubiera pasado.





Figura 5.10. Desarme de la carcasa del robot para acceder a componentes internos

De nuevo con la corriente en circulación medimos el voltaje en los bornes de los cables rojo y negro por los cuales la alimentación llega al robot (*POWER EXTERN*) y seguía siendo de 36V.

El paso definitivo que permitió conocer el problema real de lo que estaba sucediendo fue cuando Stefan Ulbrich, el ingeniero de MetraLabs que nos atendió, nos ordenó soltar dos conectores blancos (*ACCU* y *ACCU BALANCING*) de la placa de conectores para medir los voltios existentes en ellos cuando el robot estaba desconectado de la corriente.

El resultado de la medición de ambos conectores fue 0V, cosa que sorprendió a Stefan porque era un síntoma claro y sin remedio de que las baterías con las que contaba el robot estaban dañadas.

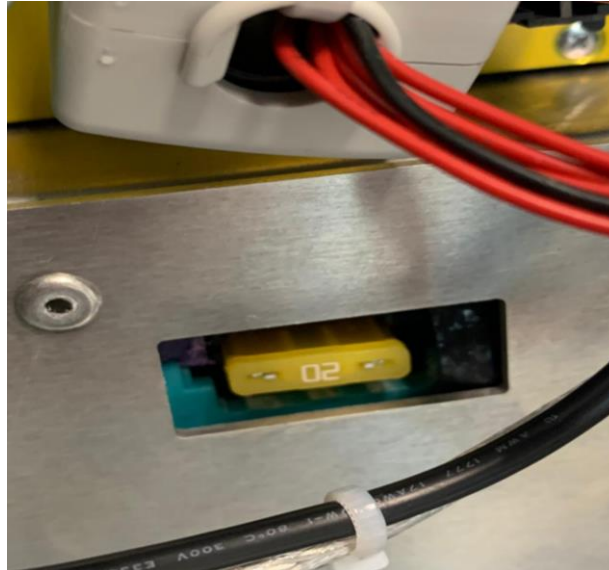


Figura 5.11. Conector ACCU Balancing



Figura 5.12. Conector ACCU

Obtuvimos el mismo resultado también cuando se probó a medir el fusible de la batería principal del robot, lo cual terminó de confirmar que el estado de las baterías era alarmante y que lo que necesitaba el robot era un cambio de baterías, lo cual complicaba y retrasaba el proyecto hasta que fuéramos capaces de poner el robot en marcha. En este momento se tenían dos opciones, o bien se mandaba a CLARA de vuelta a Alemania para que los técnicos de laboratorio de MetraLabs cambiaran las baterías y lo enviaran de vuelta, o bien podían enviar las nuevas baterías ellos y tratar de cambiarlas nosotros por nuestra cuenta.



*Figura 5.13. Fusible de la batería del robot*

La conclusión a todo esto fue que finalmente se decidió enviar un recambio de baterías desde Alemania al campus de Leganés. Por lo tanto, se tuvo que parar temporalmente la actividad del proyecto hasta recibir las nuevas baterías procedentes de los laboratorios de MetraLabs. Dicho proceso se alargó durante aproximadamente tres semanas, periodo en el cual nuestra capacidad de intervención práctica sobre el robot fue nula debido a su incapacidad para ser encendido.

Tras este tiempo, y una vez con las nuevas baterías en nuestra mano, se procedió a realizar el cambio, de nuevo de la mano de la ayuda de nuestro compañero en MetraLabs, Stefan. Siguiendo su consejo a través de una videoconferencia se consiguió poner en funcionamiento al robot y se logró que comenzara a recibir corriente eléctrica por parte de la base de carga.





*Figura 5.14. Robot en posición de carga y recibiendo alimentación*

Además de la ayuda prestada para conseguir reemplazar de manera adecuada las baterías, Stefan también nos aconsejó sobre ciertas prácticas que debían ser implementadas en cuanto al mantenimiento del robot para evitar que cualquier problema de este tipo sucediera en otra ocasión. Dichas prácticas consistían en evitar largos periodos de inactividad y cumplimentar los tiempos de carga adecuados para el robot siempre que éste fuera a estar cierto tiempo sin ser encendido. Todo ello se puso en funcionamiento desde ese mismo instante para evitar que el mismo problema volviera a suceder y, además, fueron documentadas para que, en caso de que alguien en el futuro se encontrara en la misma situación, consiguiera solucionar el problema en base a la experiencia vivida por nosotros y los consejos que se le daban.

## 5.5. Instalación completa del sistema en CLARA

Llegados a este punto y ya con el robot en perfecto estado de funcionamiento se procede a ejecutar todo el proceso de instalación necesario para activar el robot y acceder a sus permisos. Debido a que el proyecto en un primer momento formó parte de la Universidad de Málaga, se necesitaron ciertos accesos a servidores de los que se componía el trabajo previo que ellos habían realizado sobre el robot.

Para ello, se nos facilitaron claves de acceso a repositorios de *GitHub* que contenían los instaladores necesarios para poner el robot a funcionar y se nos explicó el procedimiento

a seguir en cuanto al traspaso de licencias imprescindibles para el proyecto entre sistemas operativos.

En primer lugar, se procedió a crear una partición con Ubuntu 18.04 dentro del disco duro correspondiente a uno de los dos ordenadores internos de los que se compone el robot, que es el que contaba con el sistema operativo de Ubuntu 14.04 y era el encargado de tareas como la comunicación con la base del robot para ejecutar el movimiento y otras muchas.

Para ello, se instaló esta nueva versión de Ubuntu mediante un pendrive con dicho sistema operativo en versión “live” en su interior y se configuró el ordenador de tal manera que su orden de preferencia al arrancar fuera siempre esta nueva versión de Ubuntu.

La idea era conseguir que ambas versiones convivieran en el ordenador interno del robot de tal manera que se pudiera tener acceso indiferente a ambas versiones del sistema. Esto era necesario para copiar los archivos de licencia, de los que ya disponía el robot en su versión antigua, en la nueva y así poder acceder sin problemas al contenido interno ya existente en el software de CLARA.

Como ya se ha mencionado previamente, se nos concedió acceso a ciertos repositorios presentes en la página web de *Gitlab.com* que contenían gran parte del código ya creado en relación con las funciones más básicas del robot, las cuales habían sido ya testeadas y habían superado esa etapa experimental, como por ejemplo las relacionadas con el movimiento, el mapeo, la medición del estado interno del robot, etc.

Para poder descargar e instalar cada uno de los instaladores presentes dentro de estos repositorios, se necesitaba clonar el archivo de licencia del sistema operativo antiguo en el nuevo, para así poder ejecutar los comandos pertinentes para realizar una descarga adecuada y completa de tres instaladores fundamentales que nos darían pie a empezar a manejar el robot de una manera muy básica, pero eficaz.

Estos tres instaladores principales eran los llamados **MiraScitos**, **Robocomp** y **CajasVaciasItera**.

A modo de breve descripción podemos decir que el instalador **MiraScitos** es el único que permite el acceso a la comunicación con la base del robot. Con dicho programa se puede leer y escribir en los registros de la base. Esto implica mover motores, leer su estado, leer el estado de la batería, el bumper y los botones frontales de emergencia.

Por otro lado, el segundo instalador, llamado **Robocomp**, es una de las dos partes fundamentales del software de este ordenador. A través de este instalador se llevan a cabo las funciones que suponen algo más de complejidad, es decir, las tareas de alto nivel. Dispone de una memoria compartida, llamada AGM, que representa el mundo que percibe el robot: personas, estado en el mapa, etc.

Por último, el tercer instalador básico fundamental para echar el robot andar en un principio es el llamado **CajasVaciasItera**, el cual es el encargado de instalar y compilar los componentes de Robocomp que se usarán para poner en funcionamiento los robots como CLARA. Dicho de otra manera, este instalador principalmente colocará aquellos

elementos que Robocomp necesite para funcionar en el software del ordenador del robot y comprobará mediante repetidas compilaciones que el funcionamiento de dichos elementos está siendo el adecuado para que aquellas funciones llevadas a cabo por el instalador de Robocomp puedan ejecutarse completa y correctamente.

El proceso de instalación finalizaba con la puesta en marcha de estos tres instaladores. Una vez instalados y ejecutados correctamente mediante comandos en el terminal para depositarlos en destinos adecuados del software del equipo, el robot estaba listo para comenzar a desarrollar aquellas implementaciones que se querían incorporar al proyecto.

## 6. DESARROLLO DE LAS IMPLEMENTACIONES DEL PROYECTO CLARA

El traslado de CLARA al laboratorio del campus de la Universidad Carlos III no solo ha servido para que el robot sea protagonista de este proyecto de fin de carrera, sino que ha permitido que también sea objeto de múltiples investigaciones, trabajos e incluso otros proyectos de fin de grado para compañeros de la universidad. En cualquier caso, para todos ellos ha habido una base común, un trabajo de investigación previo a la labor que cada uno quería implementar sobre el robot que ha permitido que, en muchas ocasiones, se trabaje en conjunto con el mismo objetivo inicial, la puesta en marcha de CLARA.

Ligado a esto, cabe mencionar que, de entre todos los objetivos que se fijaron sobre el robot tras su acogida en la universidad, uno de los principales fue la implementación de varias interfaces accesibles, cada una con una finalidad distinta, pero todas ellas englobadas dentro del marco del cuidado intensivo de los ancianos en las residencias. En concreto, como ya se ha mencionado, la funcionalidad de **El Pregonero** fue la seleccionada para este Proyecto de Fin de Grado en particular.

### 6.1. Descripción de la funcionalidad del Pregonero

En este proyecto en particular, se analiza, se diseña, se desarrolla y se prueba una de ellas, la funcionalidad del Pregonero. El Pregonero es una funcionalidad que va a ejecutar el robot CLARA una vez se encuentre en plena disponibilidad de sus capacidades y a pleno rendimiento de trabajo en la residencia de ancianos.

La forma en que el robot va a interactuar con las personas a través del **Pregonero** es directa y prácticamente constante debido a que, básicamente, consistirá en pregonar por cada una de las habitaciones y estancias del edificio diferentes acontecimientos que permitan tanto al personal como a los pacientes estar al tanto del orden del día y ser conocedores de la información relevante para sus vidas en cada momento. Para ejecutar correctamente dicha funcionalidad se ha de conseguir un control total sobre dos aspectos fundamentales: el movimiento del robot y la interfaz accesible que muestre toda esta información.

En cuanto al movimiento del robot, queda fuera del ámbito de este TFG. Se pretende implementar en un principio una modalidad de movimiento teleoperado a través de un controlador en forma de mando de consola Wii y posteriormente implementar de forma inteligente un plan de movimiento por la residencia.

En cuanto a la interfaz accesible del pregonero, objetivo de este TFG, cabe mencionar que se presenta como una ventaja novedosa dentro de la vida de las personas que habitan en estos lugares. Se trata de un diseño que va a traer consigo innovación y novedad

absoluta y que va a permitir que los ancianos interactúen con la máquina como nunca lo han hecho, lo cual facilita que se rompa la monotonía y el aburrimiento provocado por el día a día en las residencias.

En definitiva, el objetivo del **Pregonero**, además de mantener informado a todo el mundo, es conseguir que los ancianos sientan un apoyo emocional en alguien, o en este caso en algo, con quien pueden interactuar y en quien puedan confiar. Esto les va a ayudar en gran medida a distraerse manteniendo contacto con el robot en ocasiones en las que no van a poder mantenerlo con el personal humano de la residencia por motivos de carga de trabajo o inoperatividad espontánea.

Profundizando un poco más en las capacidades que va a presentar esta interfaz accesible, hablaremos de cuatro funciones básicas de transmisión de información: la **Agenda**, los **Cumpleaños**, el **Tiempo** y las **Actividades**. Todas estas funciones serán opciones a marcar en la pantalla central del robot y cada una de ellas será una puerta accesible que mostrará la información que contiene una vez sea seleccionada a través de un toque sobre ella en dicha pantalla táctil.

Para comenzar, la función del **Calendario** mostrará información sobre el día y la hora actual, así como una imagen de un calendario del mes actual, remarcando el día actual en él. En dicho calendario se podrá pulsar sobre cualquier día para comprobar las actividades programadas para ese día, utilizando la funcionalidad Actividades descrita más abajo en esta sección. También se podrá navegar en el calendario por los meses anteriores y posteriores. De esta manera se podrá consultar cualquier eventualidad que se tenga en el futuro e incluso comprobar que se hizo en el pasado en caso de que se quiera recordar cualquier cosa, lo cual favorece a evitar las pérdidas de memoria típicas en pacientes de las características de los pacientes de una residencia.

La funcionalidad de **El Tiempo**, proporcionará un acceso directo al parte meteorológico correspondiente al día seleccionado y lo mostrará de forma simple por pantalla. Mostrará el tiempo previsto para el día actual, así como la previsión de los dos días siguientes. Hay días en los que las actividades se desarrollan a puerta cerrada por motivos climatológicos y los ancianos sienten curiosidad por saber cómo se desarrollará la meteorología al día siguiente o incluso en la próxima semana. De esta manera se les permite estar informados en ese sentido para que, además, puedan valorar como de fructíferas van a ser las actividades que tengan programadas en función al clima que vaya a haber cuando se lleven a cabo.

La funcionalidad de **Actividades** muestra cuáles son las actividades programadas para el día en que se consulta y la distribución horaria de cada una de ellas. Para el caso, viene a ser una forma distinta de consultar las actividades. En lugar de mirar el calendario y ver las actividades que se tienen para un día, se escoge la opción de Actividades para consultar las programadas para hoy. De nuevo todo se piensa con el fin de darles más material con el que interactuar a los pacientes y que, de esta manera, se mantengan pendientes y entretenidos durante un mayor periodo de tiempo.

Por último, el **Cumpleaños** es una función que informa a la persona que la selecciona de quién es el cumpleaños hoy. No solo eso, sino que proporciona información acerca de los cumpleaños futuros para así mantener informados en todo momento de los próximos cumpleaños a celebrar y que, de esta manera, puedan estar previamente avisados de estas celebraciones y no se les olvide felicitar a sus compañeros en un día tan especial para ellos.

En definitiva, todas y cada una de las opciones a seleccionar con las que cuenta la interfaz del **Pregonero** están diseñadas con el objetivo de lograr un contacto cómodo y sin barreras de accesibilidad entre los ancianos y el robot. Lo que se busca siempre con cada innovación que se implementa en el robot es tratar de encontrar la sintonía emocional de los pacientes y lograr que su estancia en la residencia sea lo más amena y divertida posible. Para ello, se pretende encontrar medios de comunicación que les hagan llegar la información suficiente como para que esto suceda. El **Pregonero** tiene como objetivo, más allá del fin puramente informativo, la búsqueda de la confianza del paciente y lograr que éste vea al robot como un soporte amigable con el que poder entablar una relación.

Para llevar a cabo la implementación de dicha interfaz gráfica, se requiere un exhaustivo proceso de investigación previa, un análisis sobre lo necesario en cuanto a la preparación del entorno de trabajo, un cuidadoso diseño de lo que se va a implementar y, por último, pequeñas comprobaciones continuas de que aquello que se está diseñando funciona a pequeña escala, como para que, a medida que se desarrolle el proyecto cada vez más, se consiga que funcione también a mayor escala.

Éstas han sido las líneas generales de trabajo seguidas a lo largo de estos últimos meses y las que han permitido que este proyecto salga adelante con éxito. En este apartado se procede a detallar los desarrollos sobre la puesta en marcha del **Pregonero**, es decir, tanto la implementación del mapeo y movimiento del robot, como el diseño de la interfaz gráfica accesible, todo ello analizado, diseñado y testado en el laboratorio informático 2.1.B.16 del campus de la Universidad Carlos III de Madrid, en Leganés.

## 6.2. Accesibilidad en sistemas hombre-robot

Cuando hablamos de interfaces, estamos hablando del punto intermedio a través del cual dos programas, aplicaciones o servicios interactúan y comparten información entre sí. El ejemplo más claro de interfaz está en la relación hombre-robot. En ella, siempre debe existir un intermediario que permita la comunicación entre ambos interlocutores, el cual, para este caso, sería la pantalla o monitor de un ordenador.

No solo existen las interfaces que relacionan a la persona con el ordenador, sino que existen multitud de ellas, y, en función del tipo de información que estén transmitiendo y de la complejidad del tema que aborden, unas interfaces serán de más difícil acceso que otras. Es aquí donde entran en juego las interfaces accesibles.

### 6.2.1. Accesibilidad de interfaz hombre-robot

En la disciplina de Interacción Persona-Ordenador (HCI – del inglés Human-Computer Interaction) se han estudiado ampliamente las barreras que las personas pueden encontrarse al interactuar con los ordenadores. En concreto, el Consorcio World Wide Web (W3C), y su iniciativa Web Accessibility Initiative (WAI) vela por la accesibilidad de las páginas Web. Por definición, al hablar de la accesibilidad web nos estamos refiriendo a la capacidad de acceso a la Web y a sus contenidos por todas las personas, independientemente de la discapacidad (física, intelectual o técnica) que presenten o de las que se deriven del contexto de uso (tecnológicas o ambientales). Por lo tanto, se entiende que el principal objetivo de la accesibilidad web es lograr que las propias páginas web puedan ser utilizadas por el máximo número de personas, sin tener en cuenta ni sus conocimientos, ni sus capacidades, ni las características técnicas del equipo que estén empleando para acceder a ellas.

Sin embargo, hasta el momento la accesibilidad no se ha estudiado tan en profundidad en la disciplina de Interacción Persona-Robot (HRI – del inglés Human-Robot Interaction), teniendo en cuenta el papel tan importante que juega en el éxito de los robots. Actualmente solo se pueden encontrar estudio de guías de accesibilidad HRI desarrolladas en su tesis doctoral por Malak Al-Qbilat [23], cuya tutora también es la tutora de este TFG. Por lo tanto, de forma novedosa se ponen en práctica guías de diseño de interfaces accesibles en este proyecto con el objetivo final de conseguir que una tecnología tan compleja y de las dimensiones informáticas de un robot consiga entablar un vínculo comunicativo con una persona de tercera edad pasa por que el nexo común a ambos interlocutores. La interfaz accesible permitirá que personas con diferentes tipos de capacidades/habilidades puedan interactuar con el robot e intercambiar información. Además, también se tendrán en cuenta pautas de usabilidad para poder desarrollar una interfaz simple, clara, concisa e intuitiva, que ayudará a que la interfaz sea más accesible para las personas a las que van destinado este proyecto.

Algunas de las pautas de accesibilidad aplicadas son las siguientes:

- Aumento del tamaño de la letra que aparece en la pantalla, buscando en todo momento un formato legible y una redacción de textos breves y concisos, es decir, evitar a toda costa que el usuario deba leer una gran cantidad de caracteres. En este sentido, siempre se plantearán distribuciones claras de los elementos existentes en la interfaz, con títulos grandes y apariencias visuales lógicas.
- Utilización de colores vivos que resalten los caracteres y hagan que su lectura sea más sencilla. Es recomendable que este uso de colores vivos en los fondos de pantalla vaya acompañado del uso de imágenes, emoticonos o figuras que ayuden a entender el texto al que acompañan. Una ilustración que refleja lo que expresa un texto ayuda en gran medida a comprenderlo, ya que, supone un estímulo visual fácil de entender para el usuario que lo interpreta. Todo esto se lleva a cabo con

el objetivo de hacer algo más cómodo para la vista el entendimiento de los diferentes textos que aparecen en las interfaces a las que se va a tener acceso.

- Mostrar información a través de varias vías (multimedia). Un ejemplo de implementación es el siguiente: es recomendable que todo lo que el robot indique mediante voz (utilizando el módulo Text-To-Speech), se indique en modo de subtítulos y en pantalla, de forma que personas sordas también puedan acceder a la información. Además, la voz se utiliza para que las personas con dificultades visuales puedan escuchar aquello que no les resulta tan fácil de leer.

Todas estas medidas han sido implementadas en la ejecución final de este proyecto debido a su gran importancia en el mismo. De nuevo lo que se pretende es hacer llegar el mensaje de la forma más clara posible a un público que de antemano suele presentar alguna imperfección sensitiva provocada por el paso de los años.

### 6.3. Diseño e implementación de la interfaz accesible

En un proyecto tan enfocado en las interfaces gráficas y tan centrado en el aspecto visual y la accesibilidad que ofrezcan sus implementaciones, el diseño toma un papel fundamental. Quizás una de las partes más importantes y sobre las que mayor hincapié hay que hacer dentro del diseño de una interfaz accesible de un robot social para personas mayores, sea la parte de realizar un diseño preciso y adecuado, para lo cual es necesario llevar a cabo una exhaustiva labor de análisis previo y medir cuidadosamente cada uno de los detalles que se van a incorporar a nuestras interfaces accesibles. Son muchos los factores a tener en cuenta cuando se habla de diseñar un proyecto así, por ejemplo, las posibilidades visuales, las posibilidades tipográficas, la fotografía, la ilustración, etc.

Se define como diseño gráfico de un proyecto aquel proceso que tiene como principal objetivo resolver un problema de comunicación entre el emisor y el receptor. Es un proceso creativo que se basa en unas determinadas necesidades para lograr unos determinados objetivos y lo hace siguiendo una serie de pautas predefinidas. En otras palabras, el diseño gráfico es la herramienta a través de la cual transmitir ideas.

Aunque pueda parecer que no tiene la importancia que realmente tiene, el diseño gráfico propone la gestión del color y la imagen con el objetivo de profundizar en una comprensión más clara de los diferentes sintagmas visuales, así como de su edición, su construcción, etc.

Como ya se ha explicado previamente, el diseño de todas y cada una de las interfaces accesibles con las que van a tener contacto los usuarios que hagan uso de CLARA deberán llevar implementadas la mayor accesibilidad posible según las diferentes normativas explicadas en relación con el tamaño de letra, los colores vivos, la visibilidad, los emoticonos, ilustraciones gráficas, etc.



Siguiendo estas reglas de accesibilidad ha sido como han ido conformándose las diferentes interfaces de las que se compone este trabajo. Es importante tener en cuenta que dichas interfaces suponen una de las partes con mayor peso dentro del proyecto. Esto se debe a que, a pesar de que existan otros desarrollos e implementaciones paralelas como puedan ser el movimiento del robot, el mapeo o el componente *Text-To-Speech*, cuando se habla de las interfaces se habla de la cara visible del proyecto.

Una interfaz siempre supone una cara bonita y accesible para el usuario, pero una cara que oculta todo el desarrollo existente detrás de ella, y eso mismo ocurre en este caso. La interfaz que aparecerá en todo momento en la pantalla central del robot CLARA será el acceso directo entre las líneas de código desarrolladas con el fin de hacer funcionar todos los componentes del **Pregonero** y el propio usuario que se encuentre interactuando con las distintas opciones que se ofrecen en ella. Por este preciso motivo es tan importante cuidar hasta el más mínimo detalle, porque la interfaz refleja el esfuerzo, refleja la dedicación y refleja el trabajo bien hecho.

En cuanto a la implementación de la interfaz accesible, se basa en un código de programación en lenguaje *C++*, el cual será desarrollado haciendo uso del entorno de desarrollo *Qt*, implementado en el Sistema Operativo de *Linux* en su versión 18.04.

Previo a cualquier implementación, y teniendo en cuenta las funcionalidades que el robot ya era capaz de realizar por su cuenta, fue necesario el análisis exhaustivo de las funcionalidades que debían ser implementadas desde cero para ejecutar de manera adecuada la aplicación completa de El Pregonero junto con su correspondiente interfaz accesible en la pantalla central del robot.

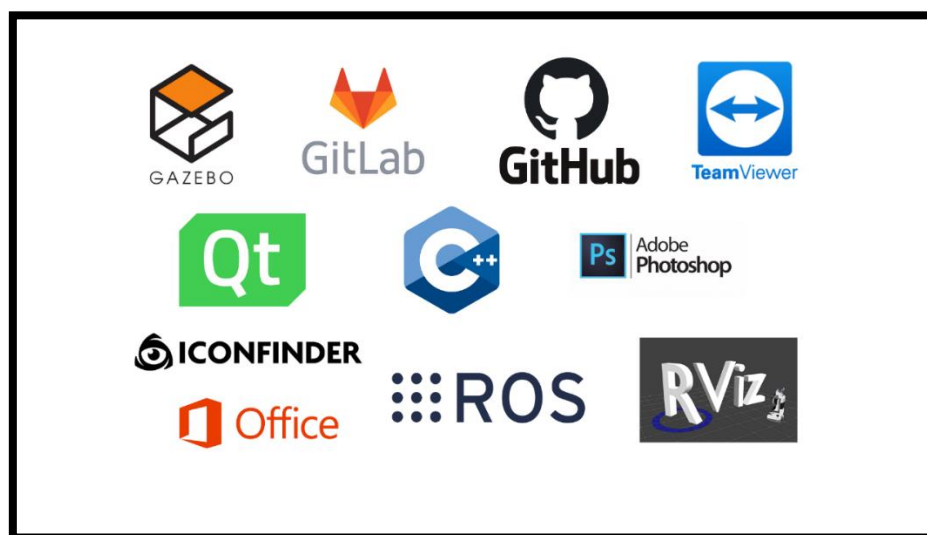
### FUNCIONALIDADES QUE HUBO QUE IMPLEMENTAR

TAREA	COMPONENTE	SOFTWARE
Mostrar por pantalla	Pantalla táctil	QT Creator
Almacenar elección	Pantalla táctil	QT Creator
Avanzar	Motor de las ruedas	ROS
Girar	Motor de las ruedas	ROS
Acceder a datos	Ficheros/Bases de datos	Sistema operativo Ubuntu
Repetición de texto	Botón de repetición	QT Creator
Moverse por control remoto	Mando de consola Wii	ROS

Tabla 6.1. Funcionalidades que hubo que implementar en el sistema del robot

El desarrollo de todas y cada una de estas funcionalidades se realiza mediante código de programación en C++. Dicho código será ejecutado y compilado en el espacio de trabajo de Qt, el cual contendrá los parámetros necesarios para poder hacer uso de todos los componentes del robot y para poder comprobar, tanto las continuas modificaciones gráficas implementadas sobre el diseño de las interfaces del robot, como su funcionamiento mediante herramientas de visualización digital que simularán el entorno o “*mundo*” por el que dicho robot se desplaza.

La manera de comunicar dicho código con los propios componentes del robot será el Sistema Operativo Robótico (**ROS**) [24], el cual permite la creación de una serie de *nodos* que sirven de nexo para la información entre ambos interlocutores. Por otro lado, el desarrollo completo del código, incluyendo el diseño gráfico meticuloso de las interfaces que componen el proyecto, será implementado a través del entorno de trabajo **Qt** [25], el cual ofrece los servicios necesarios para poder poner en marcha las diferentes ventanas que han sido explicadas previamente, teniendo en cuenta el grado de accesibilidad que debe ser incluido en ellas.



*Figura 6.1. Logotipos de las herramientas empleadas en el proyecto*

Dicho esto, se procede a explicar en detalle cada una de las interfaces diseñadas e implementadas, con las distintas opciones que ofrece, la facilidad visual implementada en ellas, el acceso a otras ventanas, el menú de opciones, etc. También se mostrarán en este apartado las distintas evoluciones que han ido sufriendo todas ellas para ir adoptando una accesibilidad cada vez más clara y definida hasta llegar al resultado final.

## Pantalla de Inicio

La **Pantalla de Inicio** será la primera en aparecer una vez se eche a correr el programa. Es la ventana principal del proyecto. La clase padre, es decir, la ventana que contiene al resto de subventanas. En la funcionalidad del **Pregonero** será la interfaz que se mostrará en la pantalla central mientras se esté efectuando el movimiento del robot hasta que éste se detenga y comience la interacción robot-usuario.

De nuevo, si el conjunto entero de interfaces toma una relevancia especial en este proyecto, la que mayor importancia adquiere, por ser la primera cara visible existente, es la interfaz de la **Pantalla de Inicio**. Por este motivo, se ha tratado de incluir en ella una visibilidad óptima para el usuario, jugando con los colores vivos y el contraste con el formato y el tamaño de las letras que proporcionan un resultado adecuado a la accesibilidad que se busca.

La forma en que todo esto se ha implementado es a través de la ventana de diseño que nos ofrece el entorno **QT**, más concretamente a través de la aplicación **Qt Creator**. En ella, se han creado tantas clases como interfaces requería el proyecto y para cada clase se ha incluía su correspondiente archivo de cabecera o “.h”, su correspondiente archivo fuente o “.cpp” y su correspondiente archivo de diseño o “.ui”.

La facilidad y el dinamismo que ofrece este programa han permitido diseñar las interfaces a nuestro gusto, bien desde el código mediante comandos específicos proporcionados por las diferentes librerías, o bien desde la propia ventana de diseño, más conocida como **Designer Widget**. Esta ventana ofrece una serie de elementos que podremos incorporar a nuestra interfaz en función de lo que deseemos diseñar en cada caso, así como la opción de ajustar la distribución y alineación de los mismos. Además, combinando todos estos elementos, la aplicación ofrece una amplia gama de posibilidades para acabar implementando prácticamente cualquier idea que se quiera plasmar en el diseño.

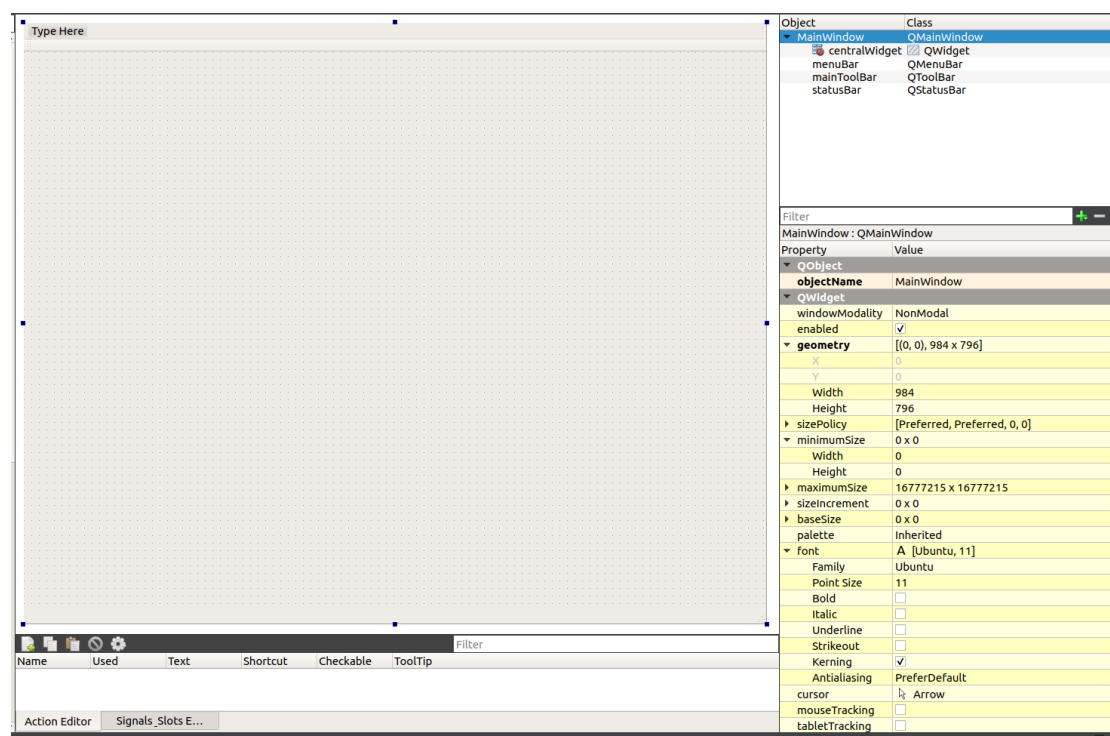


Figura 6.2. QT Widget destinada al diseño de la interfaz

Para cada elemento que se añade, se permite la opción de asociarle una señal mediante el comando “Go to Slot”. Al asociarle una señal a un elemento, podremos observar en la columna de objetos, el nuevo objeto creado, así como modificar su nombre o cualquier parámetro que deseemos.

En este caso en concreto, se han añadido diferentes componentes, entre ellos un **Label** con el título de la interfaz, un **Label** con las indicaciones de la ventana, cuatro **Push Buttons** asociados a cada una de las ventanas de las que se compone el Pregonero, y dos **Push Buttons** adicionales, uno de ellos destinado a la configuración de los parámetros de voz del componente *Text-To-Speech*, y el otro destinado únicamente a la salida del programa en caso de querer cerrarlo.

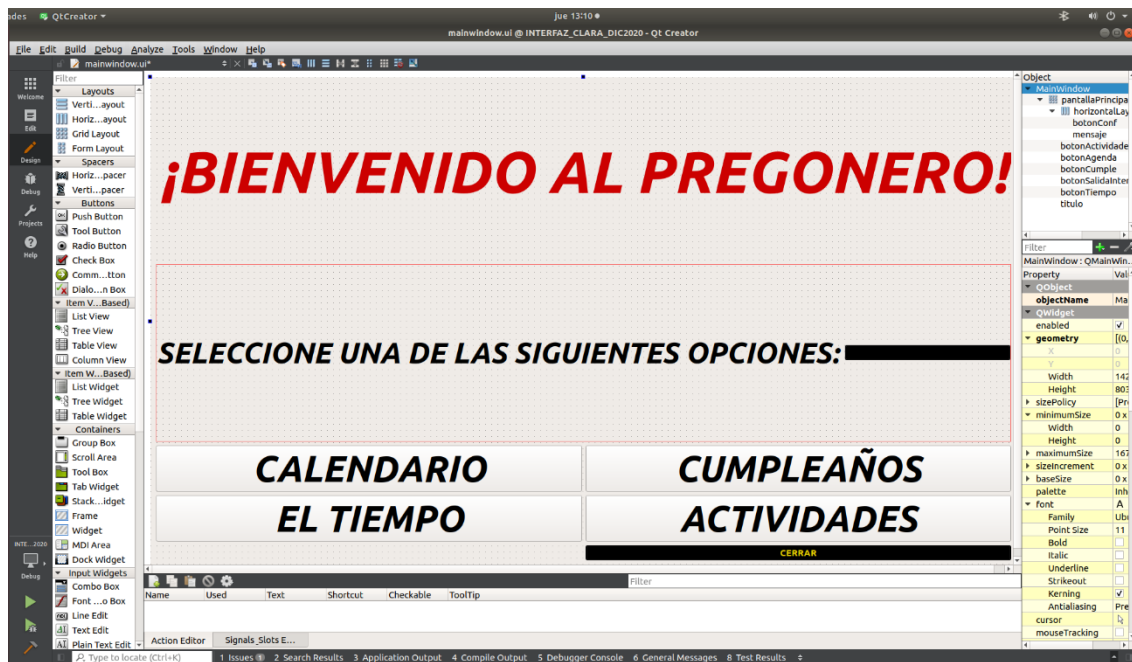


Figura 6.3. Archivo ".ui" definitivo de la interfaz de Pantalla de Inicio

Una vez se asocia una señal a cada componente, a través del código podremos darle la función que deseemos al objeto creado en esa asociación. Para el caso de esta primera interfaz, las señales creadas únicamente se corresponden con las de los botones. En todos ellos, la señal asociada es una señal *clicked*, lo cual significa que una vez se pulse sobre dicha opción, se ejecutará la función asociada.

La forma en que se van a ejecutar estas funciones, como se puede observar en el código, será que, una vez pulsada la opción, se dará acceso a la función *showFullScreen*, que mostrará en pantalla completa la interfaz seleccionada. A excepción del botón de cerrar el programa, el cual hará uso de la función *close*, que, efectivamente, lo cerrará.

```

1  #include "mainwindow.h"
2  #include "ui_mainwindow.h"
3  #include <QPainter>
4
5
6  MainWindow::MainWindow(QWidget *parent) :
7      QMainWindow(parent),
8      ui(new Ui::MainWindow)
9  {
10     ui->setupUi(this);
11
12     //DEFINICIÓN DE FONDOS PARA LOS BOTONES
13     ui->botonAgenda->setStyleSheet("background-color: green");
14     ui->botonCumple->setStyleSheet("background-color: brown");
15     ui->botonTiempo->setStyleSheet("background-color: blue");
16     ui->botonActividades->setStyleSheet("background-color: purple");
17
18     //DEFINICIÓN DE ICONOS PARA LOS BOTONES
19     ui->botonAgenda->setIcon(QIcon(":/agenda2.png"));
20     ui->botonAgenda->setIconSize(QSize(150, 150));
21     ui->botonCumple->setIcon(QIcon(":/cumple2.png"));
22     ui->botonCumple->setIconSize(QSize(150, 150));
23     ui->botonTiempo->setIcon(QIcon(":/iconfinder_weather-05_1530388.png"));
24     ui->botonTiempo->setIconSize(QSize(150, 150));
25     ui->botonActividades->setIcon(QIcon(":/iconfinder_Dance_Instructor1_2315961.png"));
26     ui->botonActividades->setIconSize(QSize(150, 150));
27 }
28
29 ~MainWindow()
30 {
31     delete ui;
32 }
33

```

Figura 6.4. Asociación de colores de fondo e iconos para la interfaz de Pantalla de Inicio

```

34 void MainWindow::on_botonAgenda_clicked()
35 {
36     ag = new Agenda(this);           //Se crea un nuevo objeto de tipo Agenda
37     ag->showFullScreen();             //Se muestra la interfaz Agenda en caso de ser pulsado
38 }
39
40 void MainWindow::on_botonCumple_clicked()
41 {
42     cum = new Cumple(this);           //Se crea un nuevo objeto de tipo Cumple
43     cum->showFullScreen();             //Se muestra la interfaz Cumple en caso de ser pulsado
44 }
45
46 void MainWindow::on_botonTiempo_clicked()
47 {
48     ti = new Tiempo(this);            //Se crea un nuevo objeto de tipo Tiempo
49     ti->showFullScreen();              //Se muestra la interfaz Tiempo en caso de ser pulsado
50 }
51
52 void MainWindow::on_botonActividades_clicked()
53 {
54     act = new Actividades(this);       //Se crea un nuevo objeto de tipo Actividades
55     act->showFullScreen();             //Se muestra la interfaz Actividades en caso de ser pulsado
56 }
57
58 void MainWindow::on_botonSalidaInterfaz_clicked()
59 {
60     close();                          //Se cierra la interfaz en caso de ser pulsado
61 }
62
63 void MainWindow::paintEvent(QPaintEvent *e)
64 {
65     QPainter painter(this);
66     QPixmap img(":/fondo 6.jpeg");     //Se elige la foto que añadir de fondo desde su ruta
67     img = img.scaled(this->size(), Qt::IgnoreAspectRatio);
68     painter.drawPixmap(0, 0, img);
69     QMainWindow::paintEvent(e);
70 }

```

Figura 6.5. Funciones que se ejecutan al pulsar los botones de la interfaz

En base a este código se puede modelar y perfeccionar la apariencia de la interfaz. Es así como poco a poco se ha ido labrando la apariencia final de todas y cada una de las ventanas de las que se compone el proyecto. En el caso de la Pantalla de Inicio, un primer boceto fue el que se puede apreciar en la figura 6.6.



Figura 6.6. Versión 1 de la interfaz de Pantalla de Inicio

Este primer diseño, como se puede observar, únicamente ofrece la posibilidad de acceso al resto de interfaces mediante toques en la pantalla en cada uno de los botones. Se decidió imponer distintos colores de fondo para cada botón con el fin de diferenciarlos claramente, así como un tamaño grande y acompañado de iconos ilustrativos para cada uno de ellos.

Aun así, tras varios análisis centrados en esta ventana, se concluyó con que ciertos aspectos de ella no cumplían con las normas de accesibilidad que se buscaban, por lo que, hubo que reimplementarlos basándose en las expectativas que se esperaban cumplir con su diseño.

Algunas de las modificaciones realizadas fueron, por ejemplo, proceder a establecer un tamaño más grande del título de la ventana para conseguir que el mensaje llegara de forma clara al usuario. También se decidió imponer un pequeño margen entre las cuatro opciones centrales de la pantalla con el objetivo de no mezclar unas opciones con otras. Esta franja de separación entre opciones desahoga el contenido visual de la interfaz y ofrece una mejor interpretación de los botones que aparecen en ella. Por último, también se decidió sustituir el color de fondo del botón de cerrar la pantalla, de blanco a negro, de nuevo con el fin de presentarlo más visiblemente y otorgarle una accesibilidad óptima.



Figura 6.7. Versión 2 de la interfaz de Pantalla de Inicio

La accesibilidad implementada en el diseño de esta segunda versión de la ventana sería la definitiva, aunque algún tiempo después se decidió modificarla para añadir una última implementación. En esta última modificación se procedió a implementar el componente *Text-To-Speech* dentro de las variantes del programa y consistió en añadir un nuevo botón para configurar los parámetros de voz que ofrecen los módulos incluidos en el programa.

Este botón está pensado para ser utilizado por el operario y únicamente abre una nueva interfaz que permite la selección de parámetros como el tipo de voz, el idioma, la velocidad de voz, el tono, etc.

CONFIGURACIÓN DE VOZ DE CLARA.

Seleccione los parámetros deseados y escriba el texto que desee para configurar la voz del robot a su gusto.

Volumen

Velocidad

Tono

Herramienta

Default

Idioma

English (UnitedStates)

Tipo de voz

kal16 - Male - Adult

HABLAR

PAUSAR

CONTINUAR

STOP

CERRAR

Figura 6.8. Interfaz de configuración de parámetros de voz (TTS)



En definitiva, el resultado de todo este desarrollo, una vez que se alcanzan las expectativas de accesibilidad, es la interfaz de **Pantalla de Inicio**, la cual puede observarse en la figura 6.9. En dicha pantalla se puede comprobar la vivacidad de colores escogidos, así como los emoticonos que acompañan a cada una de las opciones con el fin de proporcionar un estímulo visual al texto que está siendo leído para su mejor comprensión.



Figura 6.9. Versión definitiva de la interfaz de Pantalla de Inicio

La interfaz de inicio muestra las cuatro opciones principales del programa: **Agenda**, **Cumpleaños**, **El Tiempo** y **Actividades**. Estas opciones podrán ser seleccionadas mediante un toque manual en la pantalla táctil. A través de su selección, cada una de las opciones abrirá, a su vez, una subventana correspondiente a la opción seleccionada que reflejará igualmente la información relevante a lo que el usuario quiere que se muestre.

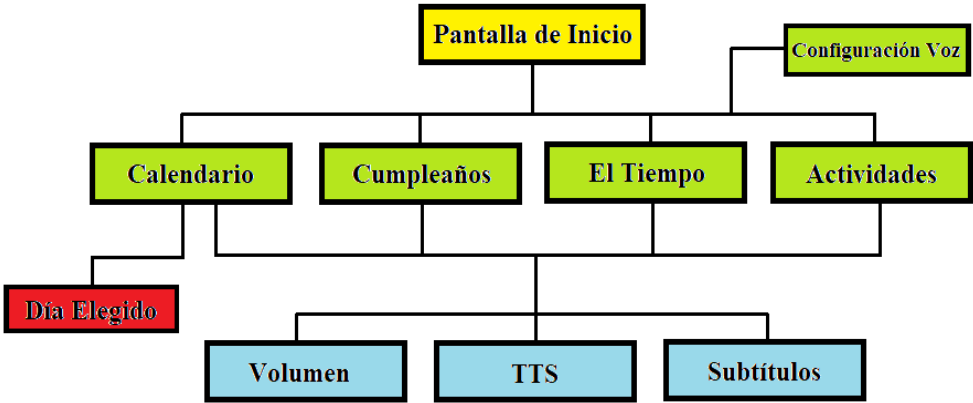


Tabla 6.2. Esquema de herencias de las interfaces del Pregonero

## Calendario

El **Calendario** es la primera de las interfaces secundarias, a las que se accede desde la Pantalla de Inicio mediante un toque en dicha opción. Como su propio nombre indica, al ser seleccionada esta opción se mostrará una interfaz en la que la transmisión de información irá enfocada básicamente a contar los planes que se tienen para un determinado día.

En numerosas ocasiones, los usuarios querrán hacer uso del **Calendario** para saber qué es lo que van a estar haciendo hoy o mañana, o para organizar su cabeza en función de los planes que ya estén predeterminados.

Para cada una de las interfaces secundarias se ha escogido un color y una dinámica gráfica específica para hacer, de cada una de ellas, interfaces completamente accesibles y de fácil lectura para nuestros clientes. En el caso del **Calendario** se ha escogido el color verde, jugando con las diferentes tonalidades que nos ofrece dicho color para resaltar ciertos componentes sobre otros.

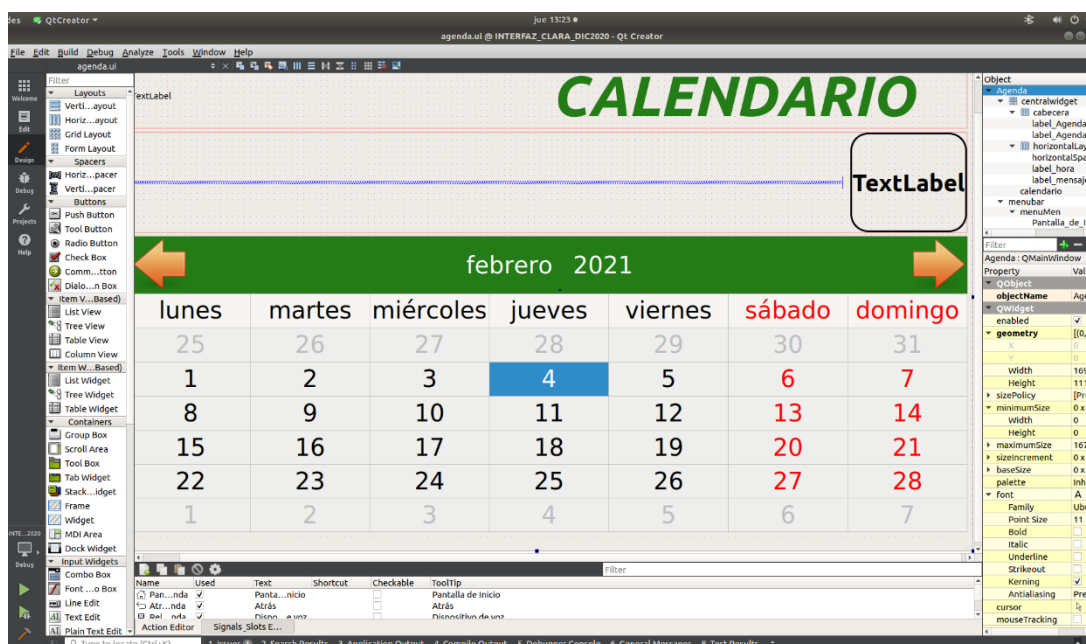


Figura 6.10. Archivo ".ui" definitivo de la interfaz Calendario

En líneas generales, la disposición definitiva que se va a seguir en esta interfaz es un **Layout** de tres franjas horizontales. La franja superior irá destinada al título. Dicho título irá acompañado de un **Label** vacío al que, desde el código fuente, se le asocia el icono que se quiere que acompañe al título. En cuanto a la franja intermedia, en ella podemos encontrar el mensaje característico de cada interfaz, un mensaje informativo que se presenta como la fuente de comunicación principal de la ventana y que será el primer impacto visual para el usuario una vez que la abra.

Por último, la franja inferior estará destinada a alojar en su interior el calendario propio de una interfaz de Agenda. Dicho calendario es un componente ofrecido por el propio *QT Creator* (**Calendar Widget**), que posteriormente y, mediante líneas de código, nos permitirá asociar cada uno de los días del calendario a funciones que abrirán otra ventana que informará sobre lo que toque hacer ese día. De esta forma, el usuario tendrá la opción de navegar de manera indiferente sobre cada uno de los días del calendario y descubrir que, mediante un toque en la pantalla sobre el día que desee, abrirá una nueva interfaz en la que se le presentarán las actividades programadas para dicho día seleccionado.

De nuevo todos estos componentes se asocian a señales mediante el comando “*Go To Slot*”, el cual nos permite vincular cada elemento existente en la interfaz con la función que deseemos. Para el caso de la interfaz de la Agenda, únicamente nos interesa el componente del calendario, para el cual se crea un objeto que luego será manipulado a través del código. Lo que se ha implementado mediante la programación de dicho objeto es que, al igual que se hacía en cualquier interfaz con botones, los días del calendario actúen como **Push Buttons** y permitan el acceso a otra nueva interfaz mediante un toque sobre ellos.

Esta nueva interfaz que se abrirá al pulsar los días del calendario será la llamada *Día Elegido*, y mostrará los eventos programados para dicho día en función de las horas del día.

```
#include "agenda.h"
#include "ui_agenda.h"
#include "mainwindow.h"
#include <QPainter>

Agenda::Agenda(QWidget *parent) :
    QMainWindow(parent),
    ui_Ag(new Ui::Agenda)
{
    ui_Ag->setUpUi(this);

    //AJUSTE DE COLOR DE FONDO
    ui_Ag->calendario->setStyleSheet("background-color: rgb(50, 200, 50)");
    ui_Ag->dateEdit->setStyleSheet("background-color: rgb(50, 200, 50)");
    ui_Ag->menubar->setStyleSheet("background-color: rgb(100, 220, 0)");
    ui_Ag->toolBar->setStyleSheet("background-color: rgb(100, 220, 0)");

    //AJUSTE DE TAMAÑO DE TÍTULO E ICONOS QUE LO ACOMPAÑAN
    ui_Ag->label_Agenda->setFixedSize(280, 175);
    ui_Ag->label_Agenda->setAlignment(Qt::AlignCenter);
    ui_Ag->label_Agenda1->setFixedSize(300, 175);
    ui_Ag->label_Agenda1->setAlignment(Qt::AlignRight);
    ui_Ag->label_Agenda1->setPixmap(QPixmap(":/foto titulo agenda 1.png"));
    ui_Ag->label_Agenda2->setFixedSize(300, 175);
    ui_Ag->label_Agenda2->setAlignment(Qt::AlignLeft);
    ui_Ag->label_Agenda2->setPixmap(QPixmap(":/foto titulo agenda 2.png"));
}

Agenda::~Agenda()
{
    delete ui_Ag;
}

void Agenda::on_Pantalla_de_Inicio_Agenda_triggered()
{
    close();
}
```

Figura 6.11. Asociación de colores de fondo e iconos para la interfaz de Calendario

En cuanto a la evolución gráfica que ha ido sufriendo la pantalla del **Calendario**, se puede destacar la búsqueda continua de hacer de esta interfaz algo más claro a lo que fueron los primeros diseños y también el intento de descargar visualmente la pantalla a pesar de contar con elementos gráficamente impactantes como puede ser un calendario tradicional.

En un primer momento se propuso un diseño básico y conciso, un diseño cuidadoso, pero que no reunía los requisitos necesarios para ser una propuesta firme y definitiva de interfaz accesible. En dicho diseño, mostrado en la figura 6.12, se observa un juego de tonalidades verdes que acompañan a mensajes descriptivos tales como el título, que va acompañado a ambos lados por iconos, y la descripción de la interfaz.



Figura 6.12. Versión 1 de la interfaz de Calendario

Tras ser valorado con diferentes usuarios se decidió que el título debía ser cambiado de “**Agenda**” a “**Calendario**”, por las opciones que se ofrecen en la ventana y, en definitiva, por lo que representa. También se decidió imponer en todas las ventanas, por una cuestión de armonía visual en el diseño, el hecho de que el icono que acompañase al título fuera el mismo al que le acompañaba en la Pantalla de Inicio. No solo eso, sino que también se trató de alcanzar unos niveles de accesibilidad más adecuados al sustituir la frase central de la pantalla, la cual únicamente sería dicha por voz y no representada en letra en la pantalla, por un mensaje conciso que informara del día actual, incluyendo día de la semana, mes y año, así como la hora en ese mismo momento.

Además de ello, se modificaron algunos aspectos visuales básicos como el formato y color de la letra, la cual se puso en una tonalidad de verde más oscura para captar la atención del lector y a la vez diferenciarse de la tonalidad más clara que se relega en el fondo. También se cambiaron aspectos del propio calendario que permitieron su

visualización de una forma más amigable y sencilla, como el color de fondo, el color de la cabecera o el tamaño de las flechas a través de las cuales se desplaza de un mes a otro.

Por último, también se decidió aumentar considerablemente el tamaño de la barra de menú situada en la parte izquierda a través de la cual se permite el traslado de una interfaz a otra. No solo eso, sino que, como se puede observar, las opciones que se ofrecen en esta nueva versión son diferentes a la anterior, ya que, en un primer momento se decidió poder acceder a un reloj desde la barra del menú, pero esta idea fue modificada y, en lugar del reloj, incluir la opción de reproducción de voz de los mensajes existentes en la pantalla. Esta modificación será realizada en todas las interfaces y se escogerá exactamente el mismo tamaño de barra para todas con el fin de mantener, de nuevo, la armonía visual en todo el proceso, lo cual es un aspecto fundamental para lograr una correcta accesibilidad.



Figura 6.13. Versión 2 de la interfaz de Calendario

Llegados a este punto se había conseguido una aproximación muy cercana a lo que se entiende como una versión definitiva que cumple con los estándares de accesibilidad propuestos. Aun así, el diseño final requería algunas pequeñas modificaciones a modo de perfeccionamiento visual de la ventana. Algunas de ellas, como se puede observar, tienen relación con el formato de transmisión y el intento de llegar de una manera más directa a captar la atención del usuario. Se decidió mantener la tonalidad de verde oscuro para el título por diferenciar de forma clara el color que representa cada interfaz, pero se cambió a negro el color tanto del mensaje central, como el de la hora actual, la cual también vio modificada su apariencia a un formato más tradicional de reloj digital.

Por último, dos aspectos fundamentales fueron cambiados en cuanto al propio calendario. El primero de ellos fue el color de la cabecera, el cual de nuevo se igualó a la tonalidad verde oscuro característica de esta ventana. El segundo de ellos fue la modificación del

color rojo para representar ambos días del fin de semana para únicamente representar en color rojo el domingo. Dicho cambio supone una ventaja accesible considerable por la adaptación visual de la gente mayor y su costumbre de ver un calendario representado en este formato.



Figura 6.14. Versión 3 de la interfaz de Calendario

Una vez se considera que el punto de accesibilidad de la interfaz es el adecuado, es preciso realizar pruebas de impacto visual sobre usuarios ajenos al diseño de esta. El objetivo de estas pruebas es comprobar si realmente las ventanas cumplen con los requisitos de accesibilidad necesarios para ser visualmente correcta e interpretable. Es por ello que, de la tercera versión se tuvieron que corregir de nuevo ciertos aspectos, aunque en este caso de menor magnitud, para poder alcanzar la interfaz definitiva.

En esta versión última se decidió establecer el mensaje central en dos líneas en vez de en una sola debido a que supone una captación más armónica y estructurada del mensaje. Además, cabe mencionar que, tanto para esta interfaz como para el resto de ellas, llegados a este punto, se decidió incorporar una nueva opción a la barra del menú. En este caso lo que permite dicha opción es la activación y desactivación de los subtítulos previa a que el robot comience a hablar. De esta manera se le ofrece al usuario la posibilidad de elegir entre querer o no querer subtítulos a la hora de recibir el estímulo de sonido proveniente de la voz de CLARA.



Figura 6.15. Versión definitiva de la interfaz de Calendario

El resultado de todas estas implementaciones es el que se aprecia en la figura 6.15. Una interfaz accesible con el fondo verde y con una disposición de elementos que ayuda a la comprensión lectora del usuario y que cumple con los requisitos y expectativas visuales de accesibilidad que se necesita en un proyecto como el presente.

## Día elegido

La interfaz del **Día Elegido** es una de las interfaces “de tercer nivel”. Esto se debe a que únicamente se accede a ella desde la interfaz secundaria del **Calendario**. Esta interfaz es accedida cuando el usuario quiere informarse acerca del horario planificado para un día en concreto, y lo hará pulsando en aquel día sobre el que quiere informarse. Por esta razón, tendrá como principal objetivo mostrar una pantalla que refleje de manera clara y concisa cuáles son las actividades que se van a realizar ese día, especificando los intervalos horarios involucrados en cada una de ellas.

El **Layout** escogido para la interfaz del **Día Elegido** de nuevo se compone de una primera franja que incluye el título de la ventana. A este título de nuevo le acompaña el **Text Label** asociado al icono que le acompañará y que serán asignado desde el código. En segundo lugar, la franja central de la ventana, en la cual se verá reflejada una frase que indicará el día seleccionado por el usuario en la interfaz previa de **Calendario**, incluyendo día de la semana, mes y año. Y, por último, la franja inferior y principal, la cual ocupará gran parte del total de la pantalla, permitirá la visualización de todas las actividades asociadas a ese día, separadas por franjas horarias en las que se desarrollará cada una de ellas.



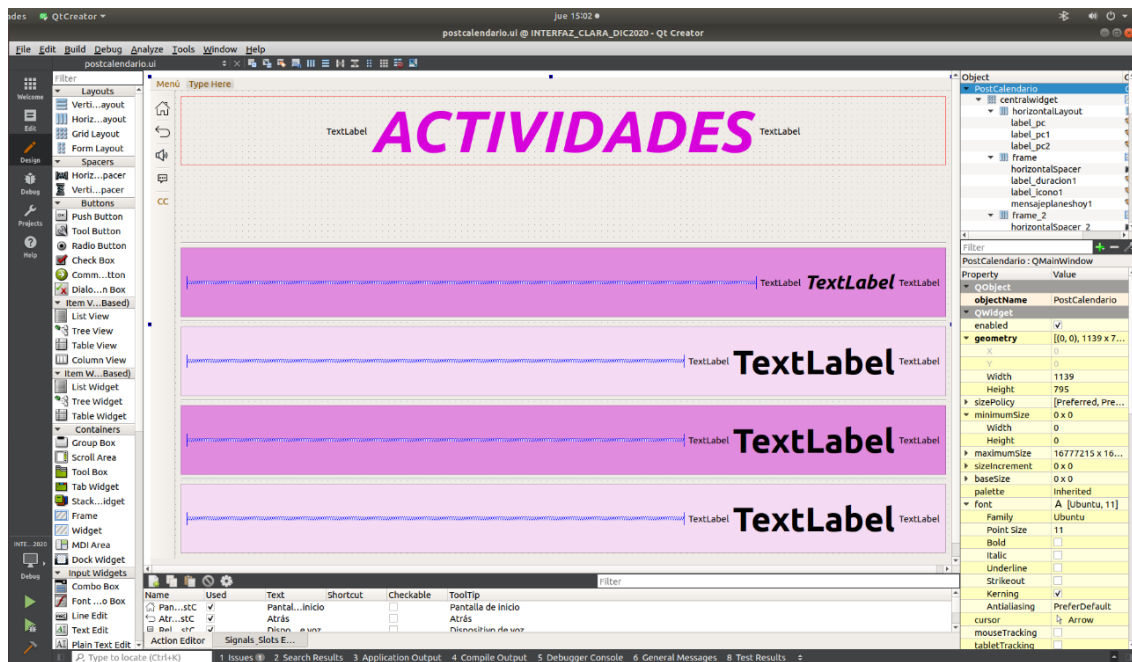


Figura 6.16. Archivo ".ui" definitivo de la interfaz de Día Elegido

En este caso, nos encontramos, por así decirlo, con un “fin de camino”, ya que, no existe una interfaz posterior a la que se acceda mediante la pulsación de un botón en ella. Es por este motivo que, las únicas señales que se asocian desde la ventana de diseño al código serán los **Label** asociados a iconos. Estos labels serán vinculados con iconos que harán de la ventana algo más accesible y visual a los ojos del usuario, proporcionándole una perspectiva más clara de lo que en ella se refleja. El primero de ellos será el situado al lado del título a modo de decoración. Del mismo modo, también se deben asociar los **labels** de la parte central de la interfaz con la información correspondiente sobre lo que se va a realizar cada día, teniendo en cuenta también los horarios destinados a cada actividad.

Todos los comandos que se implementan en el código nos permiten ajustar parámetros de la interfaz y combinar elementos para lograr la accesibilidad visual que deseamos en cada momento. Siguiendo las pautas de diseño y las inmensas posibilidades que ofrece el entorno QT, se esbozó un primer diseño acerca de lo que podría llegar a ser la interfaz a la que se accede una vez se pulsa un determinado día del calendario en la interfaz anterior. Para ello, se escogió un color nuevo que no hubiera sido empleado previamente para ninguna de las interfaces principales del programa. En esta primera aproximación se decidió imponer un título que indicara el mensaje principal de la ventana acompañado de dos iconos ilustrativos para una mejor comprensión de ello. Se escogió para ella un fondo beige oscuro, y una distribución uniforme y espaciosa en la que el usuario observara de manera intuitiva la información que en ella se mostrara.



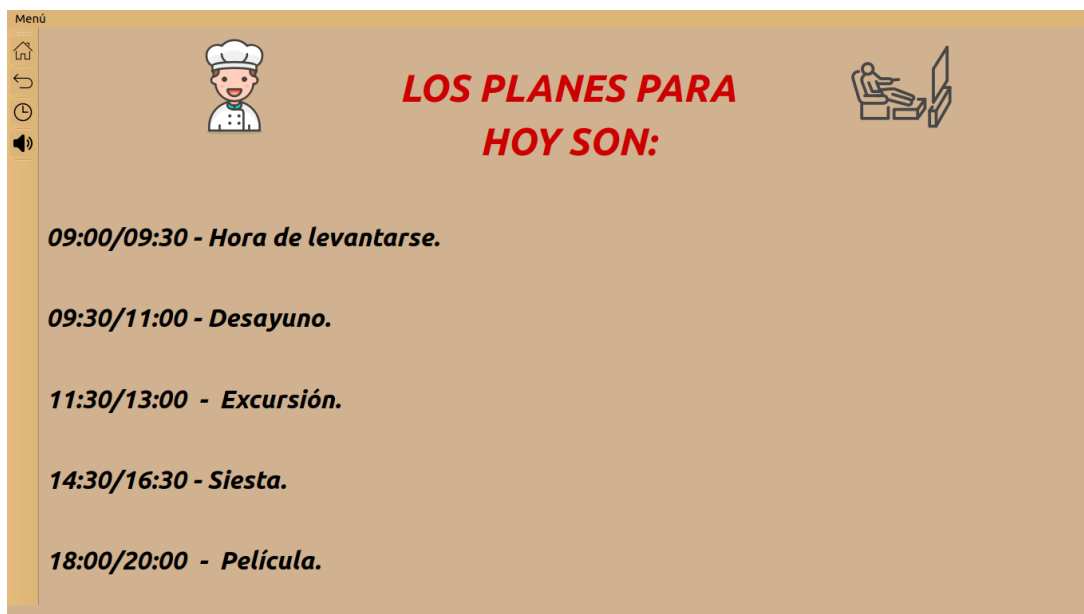


Figura 6.17. Versión 1 de la interfaz de Día Elegido

Esta primera versión no terminó de convencer a aquellos usuarios a los que se les hizo un test de accesibilidad y una muestra de primeras impresiones. Quizá el color de fondo no acompañaba de manera adecuada a la transmisión de información o quizá los mensajes de las actividades no estuvieran claramente diferenciados y el orden informativo que seguían no era el adecuado. En definitiva, fueron muchos los factores que llevaron a diseñar una segunda versión de la interfaz de Día Seleccionado, siempre tratando de mejorar aquellos aspectos que no cumplían con los requisitos de accesibilidad para los que estaba pensado el proyecto.



Figura 6.18. Versión 2 de la interfaz de Día Elegido

Tras implementar todas estas modificaciones por consejo de las diferentes personas que evaluaban constantemente el grado de accesibilidad de las interfaces, se obtuvo esta segunda versión considerablemente más apta para el ejercicio. En ella se mostraba una distribución más organizada y limpia de los elementos, con barras separadoras entre actividades a modo de tabla, con emoticonos asociados a cada actividad para comprender más sencillamente la información reflejada, con una amplitud en cuanto al tamaño de la barra del menú que permitía una mejor visualización de las opciones ofrecidas en ella, etc.

Aun así, a pesar de todas estas modificaciones, existía algún aspecto de la interfaz que no terminaba de funcionar del todo, ya que, el diseño no terminaba de conectar con el usuario ni de atraer su atención de manera significativa. Por este motivo, se tomó la decisión de que el diseño final de la interfaz de **Día Elegido** fuera idéntico al diseño de la interfaz principal de **Actividades**. En definitiva, ambas interfaces representan la misma información, las actividades que se van a realizar un día determinado. La única diferencia entre ambas es que a la interfaz de Actividades se accede desde la Pantalla de Inicio y únicamente muestra las actividades programadas para hoy, es decir, para ese mismo día en el que el usuario esté interactuando con el robot. Sin embargo, a la interfaz de **Día Elegido** se accede desde un calendario que permite seleccionar cualquier día que se quiera, por tanto, la interfaz mostrará la misma información que la de **Actividades**, pero para cualquier día del calendario.



	09:00 - Despertarse y desayuno.	2 horas
	11:30 - Taller de Sudoku.	2 horas
	14:30 - Siesta.	2 horas
	18:00 - Pasapalabra.	2 horas

Figura 6.19. Versión 3 de la interfaz de Día Elegido

En un primer acercamiento a imitar el diseño de la interfaz de **Actividades**, se intentó que la ventana adoptara sus mismos colores y tonalidades, su misma distribución de los elementos y su mismo formato. Llegados a este punto, la interfaz de Día Elegido contaba

con una tabla ilustrativa que reflejaba las tareas del día de manera idéntica a la de la interfaz de Actividades y la única diferencia real en cuanto al impacto visual que generaba la ventana guardaba relación con la disposición del título y de los iconos que le acompañaban, ya que, como puede observarse en la figura 6.19, mantuvo el formato y la apariencia de la versión anterior.

Fue por este motivo que se decidió implementar una última modificación en la que el acercamiento visual a la interfaz de Actividades fuera total y absoluto. Lo que se pretendía era que en el resultado final no existieran diferencias gráficas entre ambas, por mínimas que fueran, para tratar de mantener la sintonía visual. Fue por ello que se decidió cambiar el formato de texto del título y clonar el de su interfaz hermana a modo de aclaración.



 <b>ACTIVIDADES</b> (ESTE DÍA)			
Martes, 16 de febrero del 2021			
	09:00	- Despertarse y desayuno	2 horas
	11:30	- Dibujo artístico	2 horas
	14:30	- Siesta	2 horas
	18:00	- Karaoke	2 horas

*Figura 6.20. Versión definitiva de la interfaz de Día Elegido*

Por tanto, la única diferencia existente entre ellas llegados a este momento, era la marca aclarativa situada a la derecha del título en la que puede observarse el mensaje “Este Día”, el cual hace referencia a que las actividades que se observan son las programadas para el día que se ha seleccionado previamente.

Además de ello, y, como sucede en el resto de las interfaces, en este diseño de la versión definitiva de la interfaz, también se añade a la barra del menú la opción de activar y desactivar los subtítulos antes de iniciar la reproducción de voz de los mensajes mostrados por pantalla.

Todos estos factores dan como producto final una ventana agradable y visual a los ojos del usuario. Una interfaz con información concisa y correctamente distribuida, con unos formatos y tamaños que permiten la captación directa del mensaje mostrado.

## Cumpleaños

La interfaz de **Cumpleaños** será la segunda interfaz secundaria a la que se tiene acceso desde la **Pantalla de Inicio**. Dicha interfaz informará al usuario de las celebraciones de aniversario que tendrán lugar en ese día y en los posteriores. De esta manera, se les permite a los ancianos de la residencia estar al tanto de los cumpleaños con el fin de que puedan felicitar a sus compañeros llegado el momento. Este tipo de ventanas informativas son de gran utilidad para un público como las personas de la tercera edad que, en muchas ocasiones, pueden presentar dificultades en cuanto a la memoria y la retención de información.

En cuanto a la apariencia, en líneas generales todas las interfaces secundarias seguirán un formato visual similar, con distribuciones de los elementos muy parecidas, pero siempre diferenciando los aspectos fundamentales de cada una para evitar confusiones innecesarias. El objetivo de mantener la misma distribución es no romper la armonía visual existente entre todas las interfaces para que el usuario no se pierda al moverse de una a otra y comprenda que una distribución igual simboliza una importancia igual.

La interfaz del cumpleaños contará con una franja superior para el título, el cual irá acompañado del mismo icono ilustrativo que le acompañaba en la Pantalla de Inicio. Tendrá un mensaje informativo central en forma de caja sobre el o los cumpleaños que tendrán lugar en el día de hoy, y sobre esa caja se permitirá al usuario desplazarse a izquierda o derecha tantas veces como cumpleaños existan ese día para poder verlos a todos. Además, en un nivel inferior se mostrarán, separadas entre ellas, de nuevo dos cajas correspondientes a las personas que cumplirán años tanto mañana, como pasado mañana.

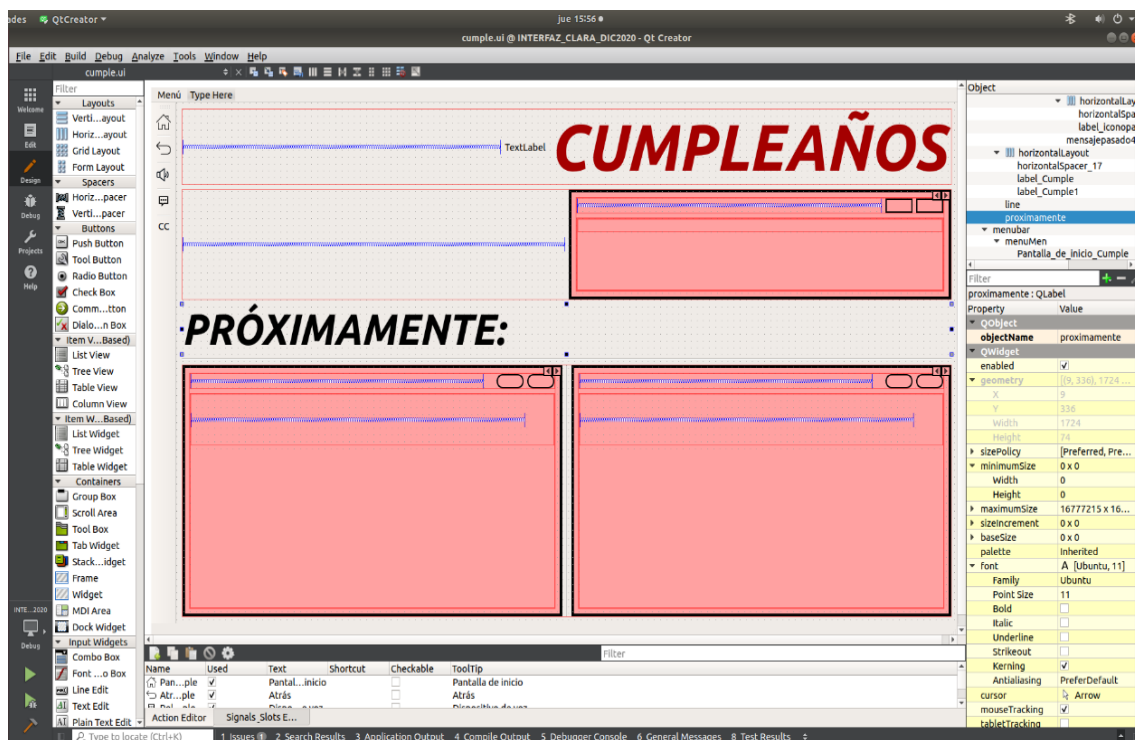


Figura 6.21. Archivo ".ui" definitivo de la interfaz de Cumpleaños

En cuanto a la programación asociada a dicha interfaz, cabe mencionar las líneas de código utilizadas para vincular los **Text Labels** que acompañan al título con iconos intuitivos que facilitan visualmente la recepción del mensaje que se quiere transmitir.

Además de ello, también es preciso asociar los **Text Labels** correspondientes a los nombres de los cumpleaños, con la información sobre el nombre de las personas que cumplen años en los días señalados por la interfaz, así como la implementación de las cajas de información (*Stacked Widgets*), que permiten deslizar entre las páginas que contengan para así descubrir la información que tiene cada una de ellas. En este caso, esa información se corresponde con el cumpleaños de ancianos de la residencia y habrá tantas páginas como personas cumplan años ese día en concreto.

```
1  #ifndef CUMPLE_H
2  #define CUMPLE_H
3
4  #include <QMainWindow>
5  #include "volumen.h"
6  #include "reloj.h"
7
8  namespace Ui {
9      class Cumple;
10 }
11
12 class Cumple : public QMainWindow
13 {
14     Q_OBJECT
15
16 public:
17     explicit Cumple(QWidget *parent = nullptr);
18     ~Cumple();
19
20 private slots:
21     void on_Pantalla_de_inicio_Cumple_triggered(); //Función para regresar a pantalla de inicio
22     void on_Atras_Cumple_triggered(); //Función para regresar a pantalla anterior
23     void on_Reloj_Cumple_triggered(); //Función para acceder al Reloj
24     void on_Ajuste_de_volumen_Cumple_triggered(); //Función para acceder al TTS
25
26 protected:
27     void paintEvent(QPaintEvent *c); //Evento de tipo paint para implementar fondo de pantalla
28
29 private:
30     Ui::Cumple *ui_Cum; //Puntero de tipo Cumpleaños
31     Volumen *vol; //Puntero de tipo Volumen
32     Reloj *reloj; //Puntero de tipo Reloj
33 };
34
35 #endif // CUMPLE_H
36
```

Figura 6.22. Funciones que se ejecutan al pulsar los botones de la interfaz Cumpleaños

De nuevo, la evolución es parte del proceso y, como en el resto de las ventanas, son muchas las modificaciones que hubo que ir realizando poco a poco para lograr obtener una interfaz completamente accesible para el público para el que está pensado que sea accesible.

En un primer momento se diseñó una interfaz que mostraba en detalle toda la información pertinente. Las tonalidades que seguía la interfaz fueron las seleccionadas en un primer momento para el Cumpleaños. Se siguió el mismo modelo que en el resto de las ventanas al utilizar tonos más claros para el fondo de pantalla y tonos más oscuros para la barra de menú. Aun así, este primer diseño presentaba fallas, como por ejemplo el exceso de información o una distribución de los elementos no muy elaborada, ni precisa.



Figura 6.23. Versión 1 de la interfaz de Cumpleaños

Efectivamente, el concepto de transmisión era correcto, pero la ejecución no era impecable. Por ello, se le dio un cambio radical de imagen a la interfaz de **Cumpleaños** con el fin de adaptar esa idea a un formato legible y agradable para el usuario.

En primer lugar, y al igual que pasa con todas las interfaces, se suprimió el mensaje central de la pantalla, ya que, dicho mensaje siempre será dicho por la voz del robot, por lo cual es información irrelevante que no debe ser reflejada en la interfaz. En su lugar se decidió mostrar una frase informando sobre la/s persona/s que cumplía/n los años hoy. De esa manera, al ocupar el lugar central de la pantalla, se le daba una importancia mayor al mensaje de hoy sobre el mensaje de los próximos días. Por tanto, en la parte inferior se mantenían las informaciones correspondientes a los cumpleaños de los siguientes dos días.

Una incorporación adicional a esta ventana fue la inclusión de iconos a la derecha de cada uno de los mensajes de felicitación. A través de estos iconos se pretendía asociar imágenes de cada anciano a su mensaje de felicitación. De esta manera, en una primera aproximación a esta implementación, se decidió dejar, provisionalmente, iconos vacíos para que, cuando se tuvieran dichas imágenes, se pudieran asociar de manera rápida y sencilla.

Por último, y, al igual que en todas las ventanas, en esta segunda versión se decidió imponer el mismo icono que acompañaba al título en la pantalla principal, así como agrandar considerablemente la barra del menú par así conseguir que la interacción con las distintas opciones que en ella se ofrecían fuera lo más dinámica posible.

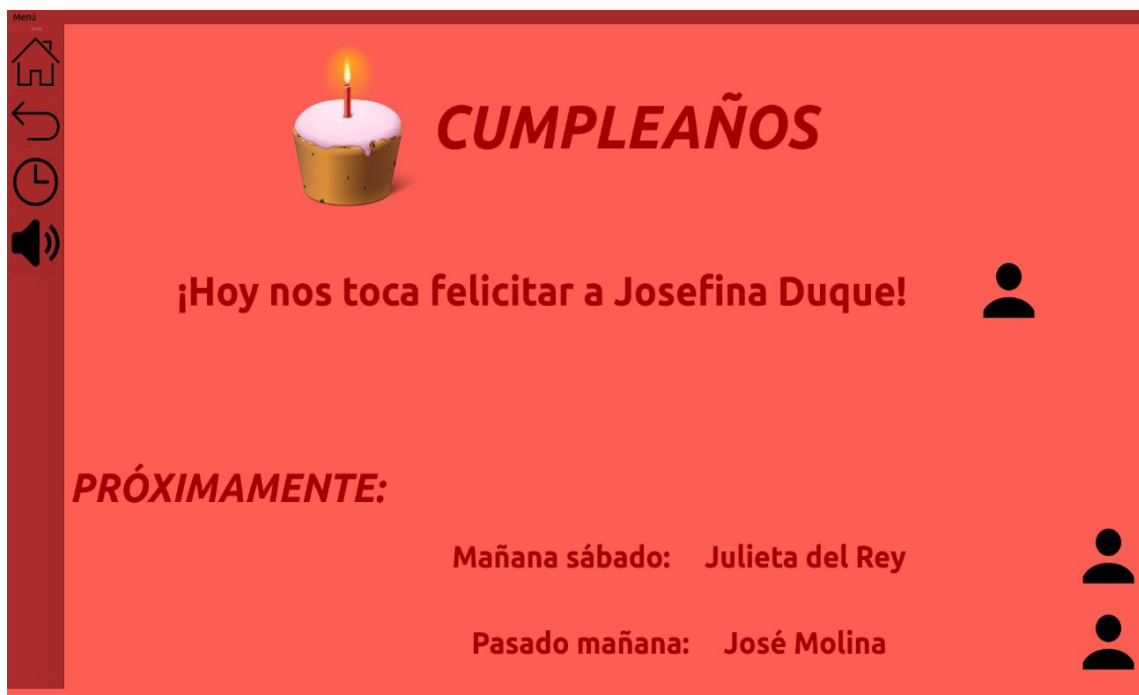


Figura 6.24. Versión 2 de la interfaz de Cumpleaños

En esta segunda versión se puede apreciar un primer acercamiento considerable, pero no definitivo, a lo que se debería acabar logrando en cuanto a diseño y accesibilidad para una interfaz definitiva. Fueron varias las consultas realizadas con el fin de medir el grado de aptitud de la ventana. Todas ellas concluyeron con lo mismo, demasiado texto para tan poca ilustración.

Al igual que se ha implementado en el resto de las interfaces, según se ha ido aprendiendo más acerca de lo accesibles que podrían llegar a ser estas ventanas, se ha tratado de reducir al máximo la aparición de texto escrito en la interfaz y que todo aquel texto que se suprimiera fuera dicho a través de la herramienta de voz incluida en el robot. Siguiendo esa línea de diseño, el cambio más significativo de la versión 2 a la versión 3 fue la abolición de texto en el mensaje central, en el cual en este punto únicamente aparecía el nombre del cumpleañosero acompañado de una fotografía suya para identificarle.

En términos generales, también se decidió que el color negro captaría de manera más clara la atención del usuario y desahogaría el impacto tan cargante provocado por tanto estímulo rojo en una misma ventana. Además, se procedió a asociar imágenes de los ancianos en aquellos iconos que en la versión anterior habían quedado sueltos. De esta forma se consigue un diseño mucho más interpretable, con estímulos visuales amigables y que suponen una captación del mensaje mucho más directa y concisa para el usuario que está informándose de los cumpleaños.





Figura 6.25. Versión 3 de la interfaz de Cumpleaños

Llegado a este momento se consideró que la interfaz era ampliamente adecuada, y, efectivamente, en términos de accesibilidad visual, lo era. Aun así, fue necesario llevar a cabo una nueva modificación, pero esta vez relacionada con la cantidad de información que la interfaz debía reflejar.

En este momento la interfaz solo estaba preparada para mostrar la información correspondiente a un único cumpleaños como máximo en cada uno de los días. Por este motivo, y teniendo en cuenta que en una residencia que cuenta con un gran número de integrantes en su interior y puede darse el caso de cumpleaños múltiples coincidentes un mismo día, se tuvo que buscar la manera de emplear el espacio que ofrece la interfaz para mostrar información de tantas personas como pudieran cumplir años un mismo día.

La resolución a este problema fue la incorporación de las llamadas *Stacked Widgets*. Estos elementos permiten reflejar la información que se quiera en cada una de las páginas que contiene. Tan solo habrá que pulsar un botón para pasar de una página a otra, por lo que, al poder acceder a tantas páginas como se quiera, la cantidad de información que permite reflejar es la que se quiera.

Aun así, esta no fue la única modificación que tuvo lugar entre la segunda y la tercera versión. Una vez que se tuvo que modificar el aspecto de las *Stacked Widgets*, se aprovechó para mejorar ciertos aspectos de distribución de la ventana y optimizar así la información que aparecía reflejada, intentando siempre que el texto escrito sea el mínimo posible y que todo lo que haya que transmitir sea transmitido mediante voz. Todos estos cambios y perfeccionamientos pueden ser comprobados en la versión definitiva de la figura 6.26.





Figura 6.26. Versión definitiva de la interfaz de Cumpleaños

Como se puede observar, la distribución es mucho más limpia y concreta. Se diferencian claramente los cumpleaños destinados a cada día y se muestra más ordenadamente en la parte inferior los acontecimientos que tendremos en los días posteriores. En cada uno de los mensajes se permite al usuario desplazarse a izquierda y derecha para descubrir quien cumple años ese día, mostrando como parte principal del mensaje la imagen del cumpleañosero y, en su parte inferior, su nombre resaltado.

También se puede apreciar, como en el resto de las interfaces, la incorporación a la barra del menú de la opción que permite al usuario activar y desactivar indistintamente los subtítulos que aparecerán en la pantalla al mismo tiempo que el robot habla. De esta forma, cada usuario podrá elegir la opción que prefiera en función de las necesidades sensoriales que presente.

En definitiva, el resultado será una interfaz plenamente ambientada en relación con la celebración y los festejos, lógicamente con el fin de que se comprenda de manera más clara que se trata de una interfaz que informa de los cumpleaños. Cada crítica constructiva ha permitido que, versión tras versión, se vaya logrando una interfaz más pulida hasta llegar a un diseño completamente en sintonía con las exigencias de accesibilidad que se solicitan.

## El Tiempo

La interfaz del **Tiempo** es la tercera de las interfaces secundarias a las que se accede desde la **Pantalla de Inicio**. En este caso, esta interfaz informa al usuario del parte meteorológico de ese día y de los consiguientes. Quizás es una de las interfaces con mayor relevancia en el proyecto debido a la importancia que los ancianos dan al tiempo que vaya a hacer en el momento en el que van a hacer alguna actividad.

Debido a la preocupación que supone para ellos estar bien informados sobre este aspecto, la transmisión de información debe ser cristalina. Para ello, el color escogido es el azul, jugando con las diferentes tonalidades que este color ofrece para lograr una armonía visual absoluta. En cuanto a los iconos, de nuevo se decide que el icono que acompaña al título debe ser el mismo que le acompañaba en la pantalla principal para no romper con la estabilidad orgánica del diseño. La distribución de la interfaz de **El Tiempo** será muy similar a la de **Cumpleaños**, con un mensaje informativo central referido al día de hoy, y una etiqueta inferior que informa de los días próximos. En cualquier caso, de nuevo es de vital importancia la asociación de iconos ilustrativos a los diferentes **Text Labels** que mostrarán la información meteorológica pertinente.

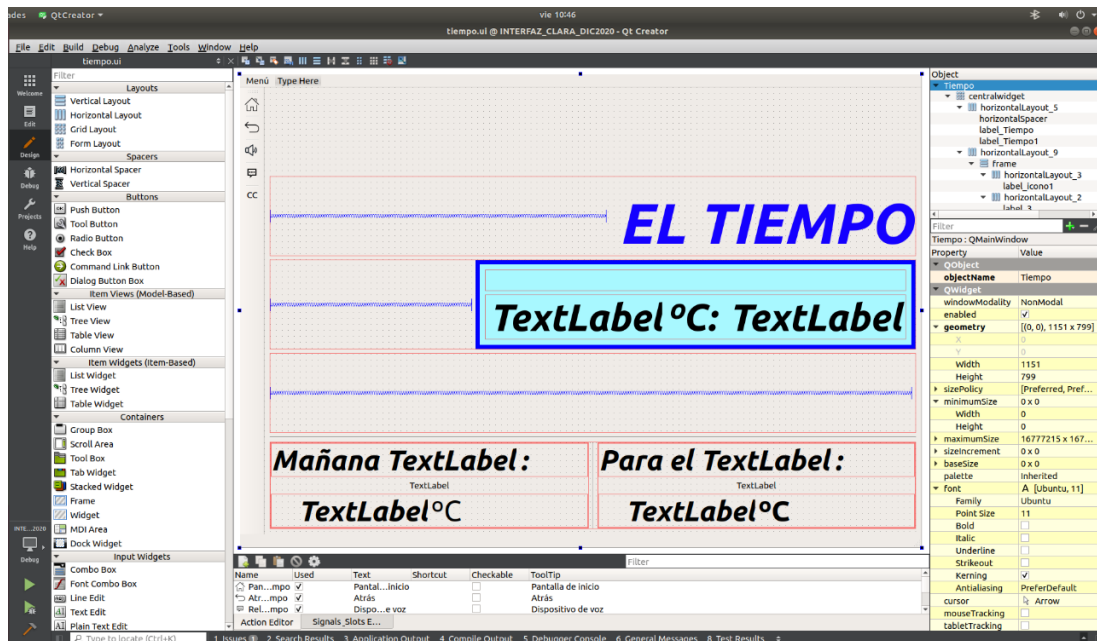


Figura 6.27. Archivo ".ui" definitivo de la interfaz de El Tiempo

En cuanto a la programación, como en el caso anterior, únicamente se basa en la asociación de **labels** existentes en la interfaz. Por un lado, asociar iconos a los **labels** que acompañan al título y decoran la interfaz, y, por otro lado, asociar los **labels** centrales a la información real sobre el parte meteorológico sobre ese día y los posteriores. Es importante resaltar que cada tipo de información reflejada en el parte meteorológico llevará asociado un icono diferente en función del clima que en cada uno de ellos se represente.

```

1  #ifndef TIEMPO_H
2  #define TIEMPO_H
3
4  #include <QMainWindow>
5  #include "volumen.h"
6  #include "reloj.h"
7
8  namespace Ui {
9  class Tiempo;
10 }
11
12 class Tiempo : public QMainWindow
13 {
14     Q_OBJECT
15
16 public:
17     explicit Tiempo(QWidget *parent = nullptr);
18     ~Tiempo();
19
20 private slots:
21     void on_Pantalla_de_inicio_Tiempo_triggered(); //Función para acceder a pantalla de inicio
22     void on_Atras_Tiempo_triggered(); //Función para acceder a pantalla anterior
23     void on_Reloj_Tiempo_triggered(); //Función para acceder al Reloj
24     void on_Ajuste_de_volumen_Tiempo_triggered(); //Función para acceder al TTS
25     void showTiempo();
26
27 protected:
28     void paintEvent(QPaintEvent *t); //Evento de tipo paint para implementar fondo de pantalla
29
30 private:
31     Ui::Tiempo *ui_Ti; //Puntero de tipo Tiempo
32     Volumen *vol; //Puntero de tipo Volumen
33     Reloj *reloj; //Puntero de tipo Reloj
34 };
35
36 #endif // TIEMPO_H

```

Figura 6.28. Funciones que se ejecutan al pulsar los botones de la interfaz de El Tiempo

En un primer momento, cuando no se había implementado aún ningún tipo de módulo de voz, se pretendió representar una cantidad imprudente de información que se salía de lo permitido debido al impacto visual que suponían. Más tarde se comprendió que cuanto menor cantidad de texto escrito hubiera reflejado, más clara quedaría la interfaz, y que, al implementar el módulo de voz, todo aquel texto que en un primer momento se vio reflejado en la pantalla sería dicho para así ahorrar estímulos gráficos que rompieran con la monotonía del diseño.



Figura 6.29. Versión 1 de la interfaz de El Tiempo

Como ya se ha dicho, esta primera versión era correcta porque jugaba con tonalidades adecuadas e informaba de manera completa, pero pecaba de exceso de letra. Fueron varias las opiniones que hicieron modificar el diseño hacia algo más sencillo y claro. Se procedió entonces a elaborar una segunda versión en la que, como pasaba en los cumpleaños, se reflejara la información referente al día de hoy por encima de los mensajes posteriores.

Se decidió también modificar el formato en el que aparecían previamente los días reflejados, así como asociar un estímulo visual en forma de icono a cada clima promulgado por el parte meteorológico.

El mensaje central debía ser directo, debía captar la atención del usuario y debía ser legible para él para que la información fuera comprendida al completo. Por ello, se decidió incluir una frase central en la que se expresara, con un formato y un tamaño de letra adecuados, los grados que harían hoy acompañado de una palabra que describiera el clima, ya que, el mensaje largo y detallado acerca del tiempo que haría ya lo diría el robot a través del módulo de voz.

Por último, también se modificaron esos aspectos que fueron modificados por igual en todas las interfaces, como pueden ser el color de la letra, el cual trató de seguir siempre la dualidad de claros y oscuros reflejada en toda la aplicación, el aumento del tamaño de la barra del menú, y la asociación al título de la ventana del mismo icono que le acompañaba en la Pantalla de Inicio.



Figura 6.30. Versión 2 de la interfaz de El Tiempo

Probablemente la interfaz de **El Tiempo** fue la que más se acercó a su versión definitiva en esta segunda versión de su diseño. Su representación era amigable, su distribución era adecuada y su concepto era vivo y fresco.

Varias pruebas con usuarios cercanos concluyeron en que la transmisión de información era adecuada y que lo que se representaba, acompañado del reproductor de voz, hacían de la interfaz algo verdaderamente accesible.

Aun así, existían ciertos aspectos que podían mejorar. Detalles que hacían que la interfaz fuera aún más directa y atractiva. Lo que se trató para esta tercera versión de la interfaz, una vez más, fue reducir aún más el texto que aparecía en la ventana. Se quiso que apareciera nada más que lo imprescindible para entender lo que se estaba transmitiendo, todo lo demás sería dicho por voz. Siguiendo esa línea de pensamiento, se distribuyó de una manera más esquemática la información relevante al parte meteorológico de hoy, y se reflejó únicamente mediante un icono y en su parte inferior la temperatura acompañada de una palabra descriptiva.

De la misma manera que se representaba el clima de hoy, se decidió modificar la distribución de los mensajes de los días siguientes de una horizontal a una vertical. De esta forma, en la parte inferior izquierda tendríamos un cuadro que representaría la información de mañana y en la parte inferior derecha su correspondiente para pasado mañana. La distribución que se sigue a la hora de transmitir esta información es similar a la que se sigue en la información central del mensaje de hoy, ya que, se considera que es un formato de lectura más desahogado y legible a la hora de interpretar el diseño de la ventana.



Figura 6.31. Versión 3 de la interfaz de El Tiempo

En esta tercera versión, reflejada en la figura 6.31, la información era clara y la transmisión era limpia y directa. Únicamente, y a modo de perfeccionamiento, se colocó en el centro de la pantalla un cuadro ilustrativo en el que se reflejara la información de hoy.

Dicho cuadro adoptó una tonalidad más clara para resaltar la información que contenía, ya que, es la más importante de esta pantalla. Con esta nueva implementación se lograba un estímulo visual mucho más impactante y satisfactorio a ojos del lector.

Además, de nuevo en esta versión definitiva del diseño de **El Tiempo** también se añade la variante de activación y desactivación de subtítulos, al igual que en el resto de las pantallas.



Figura 6.32. Versión definitiva de la interfaz de El Tiempo

El resultado para la interfaz de **El Tiempo** es una interfaz viva y con fuerza, que se asemeja en gran medida a las ventanas informativas que podamos encontrarnos en la sección del tiempo de los telediarios. Se escoge para ella un fondo azul, que simula un cielo despejado. Se escoge también una distribución esquemática y organizada, que muestra unos enfoques claros y que favorecen la captación de la atención del usuario con sus matices, sus resaltos y sus ilustraciones.

En definitiva, se presenta un diseño amigable y cercano en el que la información se transmite de forma clara y en la que todos los componentes se sincronizan para dar como resultado una accesibilidad óptima y una experiencia de interacción absoluta.



## Actividades

La última de las interfaces secundarias es la de **Actividades**. Como su propio nombre indica, una vez se pulse esta opción en la **Pantalla de Inicio**, se accederá a una pantalla que muestra la información acerca de las actividades que se van a realizar y están programadas para el día en que se consulta.

Como ya se ha mencionado, se puede decir que esta interfaz guarda mucha relación con la interfaz de **Calendario**, debido a que las dos manipulan el mismo tipo de información, pero la forma en que ésta es mostrada por pantalla presenta un formato diferente para ambos casos. Cuando se accede a la interfaz de Actividades únicamente se mostrará la información correspondiente al día en el que sea pulsada, es decir, a hoy. Al contrario, la interfaz de Calendario permite acceder a cualquier día del año a través de un toque en la pantalla en el día que se quiera consultar. Al ser pulsado dicho día, se abrirá la interfaz de **Día Elegido**, la cual presenta un diseño idéntico al de actividades, ya que, el tipo de información que muestra es el mismo. Por tanto, la única diferencia entre **Actividades** y **Día Elegido** será que esta última permite acceder al día que se quiera mientras que pulsar **Actividades** es una manera más rápida y directa de consultar el plan programado para hoy.

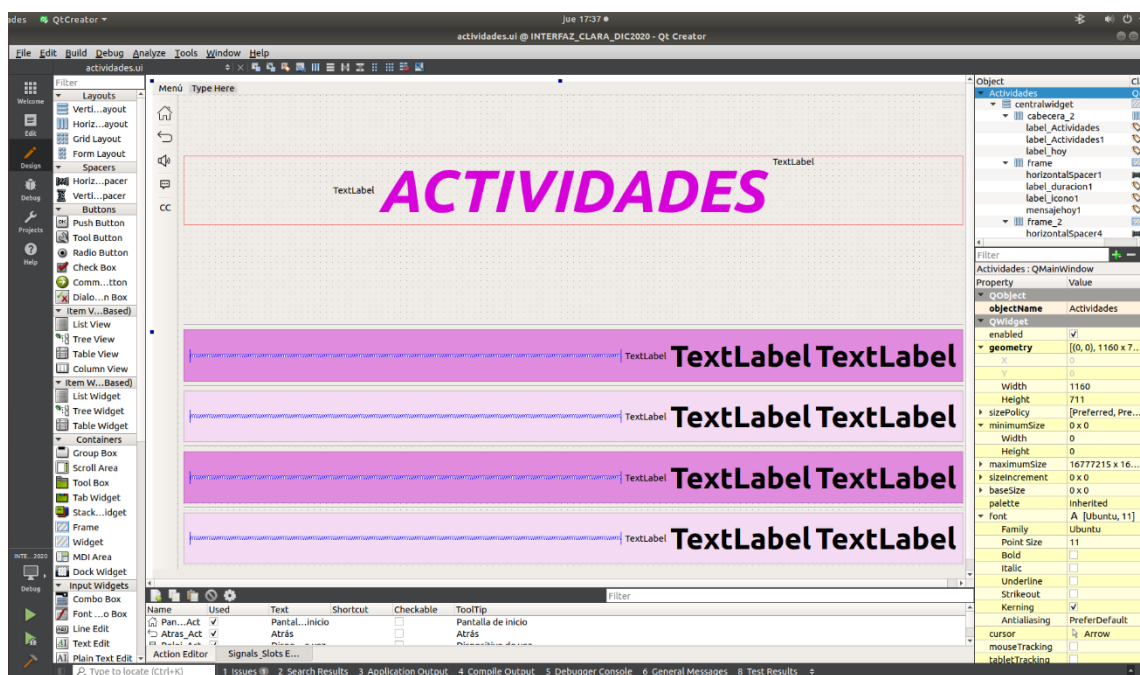


Figura 6.33. Archivo ".ui" definitivo de la interfaz de Actividades

El código fuente, una vez más, asociará los **Text Labels** existentes en la interfaz con los diferentes iconos que se quiere que hagan de la interfaz algo más accesible. Estos iconos, para el caso de la interfaz de Actividades serán el icono que acompaña al título, y cada uno de los iconos que acompañan, a modo de ilustración, a cada una de las actividades que tiene el día.

```

1  #ifndef ACTIVIDADES_H
2  #define ACTIVIDADES_H
3
4  #include <QMainWindow>
5  #include "volumen.h"
6  #include "reloj.h"
7
8  namespace Ui {
9  class Actividades;
10 }
11
12 class Actividades : public QMainWindow
13 {
14     Q_OBJECT
15
16 public:
17     explicit Actividades(QWidget *parent = nullptr);
18     ~Actividades();
19
20 private slots:
21     void on_Pantalla_de_inicio_Act_triggered(); //Función para regresar a pantalla de inicio
22     void on_Atras_Act_triggered(); //Función para regresar a pantalla anterior
23     void on_Reloj_Act_triggered(); //Función para acceder al Reloj
24     void on_Ajuste_de_volumen_Act_triggered(); //Función para acceder al TTS
25     void showActividades();
26
27 protected:
28     void paintEvent(QPaintEvent *ac); //Evento de tipo paint para implementar fondo de pantalla
29
30 private:
31     Ui::Actividades *ui_Act; //Puntero de tipo Actividades
32     Volumen *vol; //Puntero de tipo Volumen
33     Reloj *reloj; //Puntero de tipo Reloj
34 };
35
36 #endif // ACTIVIDADES_H
37

```

Figura 6.34. Funciones que se ejecutan al pulsar los botones de la interfaz de Actividades

La primera aproximación que se hizo al diseño final de la ventana, de nuevo fue algo cargante y con una distribución que no era del todo correcta. La temática aplicada a esta interfaz guardaba relación con las tonalidades moradas y por ese motivo se escogió dicho color para representar el fondo y las barras del menú.



Figura 6.35. Versión 1 de la interfaz de Actividades



En un primer diseño, como se observa en la figura 6.35, se mostró una distribución vertical, en la que, en una primera columna se mostraba las actividades programadas para el día de hoy, y en una columna idéntica a ella, pero situada a su derecha, se mostraban las actividades del día posterior siguiendo el mismo formato de gestión de la información.

De la misma manera que sucedía con la mayoría de primeros diseños, la accesibilidad no reunía las condiciones necesarias para ser adecuada por factores como la carga de información y de texto o el uso incorrecto de estímulos visuales.

Para la segunda versión se decidió suprimir la información relevante al día de mañana y únicamente mostrar la del día en que se consulta. Además, la manera en que la información es mostrada por pantalla también fue modificada para hacerla algo más sencilla a la vista y más interpretable para el lector. Se decidió separar por horas cada una de las actividades mediante barras horizontales y también asociar a cada una de ellas un emoticono que reflejara la actividad y supusiera un estímulo de reconocimiento adecuado para el usuario.

Cabe mencionar también, para esta segunda versión, los cambios tradiciones para el resto de las interfaces como pueden ser el cambio de color de todo el texto que aparecía en la interfaz a la tonalidad de morado oscuro que seguía el título de la misma. También se amplió el tamaño de la barra del menú y se estableció un mensaje central en la parte superior de la tabla de actividades que reflejaba la fecha en la que nos encontrábamos actualmente.



Figura 6.36. Versión 2 de la interfaz de Actividades

Esta segunda versión reunía muchas de las condiciones y requisitos necesarios para ser una interfaz plenamente accesible. Únicamente algunos aspectos prácticamente minúsculos fueron modificados con el objetivo de perfeccionar al máximo la pantalla y optimizar al máximo el espacio para lograr una transmisión de la información perfecta.

Estas pequeñas modificaciones se basaron en la separación por tonalidades distintas de color morado de cada una de las actividades reflejadas en la tabla para diferenciarlas claramente y resaltar así la información que cada una de ellas representaba. También se modificó el orden en que la información venía expresada en cada frase para lograr una distribución visualmente más clara, situando en primer lugar el icono, tras él la hora de inicio de la actividad acompañada de la propia actividad, y, por último, la duración aproximada de la misma.



Hoy, lunes 1 de febrero del 2021:		
	09:00 - Despertarse y desayuno:	2 horas
	11:30 - Taller de Sudoku:	2 horas
	14:30 - Siesta:	2 horas
	18:00 - Pasapalabra:	2 horas

Figura 6.37. Versión 3 de la interfaz de Actividades

Una vez alcanzado un grado de accesibilidad mayoritario como el que se observa en el diseño de la tercera versión de esta interfaz, se procedió a comprobar si pudiera ser una versión definitiva o si aún existían aspectos por mejorar y pulir. Tras un pequeño ensayo de impresión con la tutora del proyecto, se concluyó con que existía alguna confusión entre esta interfaz y la interfaz de Día Elegido, por lo que habría que buscar una solución que permitiera despejar cualquier duda generada al respecto.

Como consecuencia, el principal de los factores que cambiaron para alcanzar la versión final de la interfaz de **Actividades** fue la adición de la etiqueta “Hoy” situada al lado del título. Con esta etiqueta lo que se pretendió fue diferenciar claramente entre la interfaz principal de **Actividades** y la interfaz de **Día Elegido**, a la que se accede a través del calendario de la interfaz **Calendario**.

Además de ello, también se procedió a introducción en la barra de menú de la opción de activar y desactivar los subtítulos al gusto del usuario, al igual que se hizo en el resto de las ventanas anteriores.



Figura 6.38. Versión definitiva de la interfaz de Actividades

Como conclusión a estas implementaciones, obtenemos una interfaz definitiva como la que se observa en la figura 6.38, con un fondo de pantalla morado y unos iconos que ilustran el mensaje al que acompañan y que resalta el texto existente y facilita su legibilidad.

Al igual que sucede con el resto de las interfaces, modificación tras modificación se logra perfeccionar el diseño hasta lograr una accesibilidad óptima y hacer que la experiencia sea lo más agradable posible para el usuario en su interacción con la máquina.

## Módulo de voz del robot

Una de las funciones de mayor valor que presenta el programa es la capacidad de reproducir por voz la información relevante referida a la interfaz que se está mostrando en cada momento. Esta función es llevada a cabo por el componente *Text-To-Speech*, el cual, como su propio nombre indica, se encarga de convertir el texto en voz mediante una herramienta reproductora de sonido. En este caso, el comando de voz será activado mediante un botón situado en la barra del menú de la interfaz. Este botón de **TTS** se encuentra presente en toda la interfaz, por lo que se puede acceder a él desde cualquiera de las cuatro ventanas centrales del programa: **Agenda**, **Cumpleaños**, **El Tiempo** y **Actividades**.

Al ser pulsado se acciona automáticamente el inicio de la reproducción de voz y se procede a decir en palabras toda aquella información relacionada con lo que se quiere que se diga de esa interfaz.

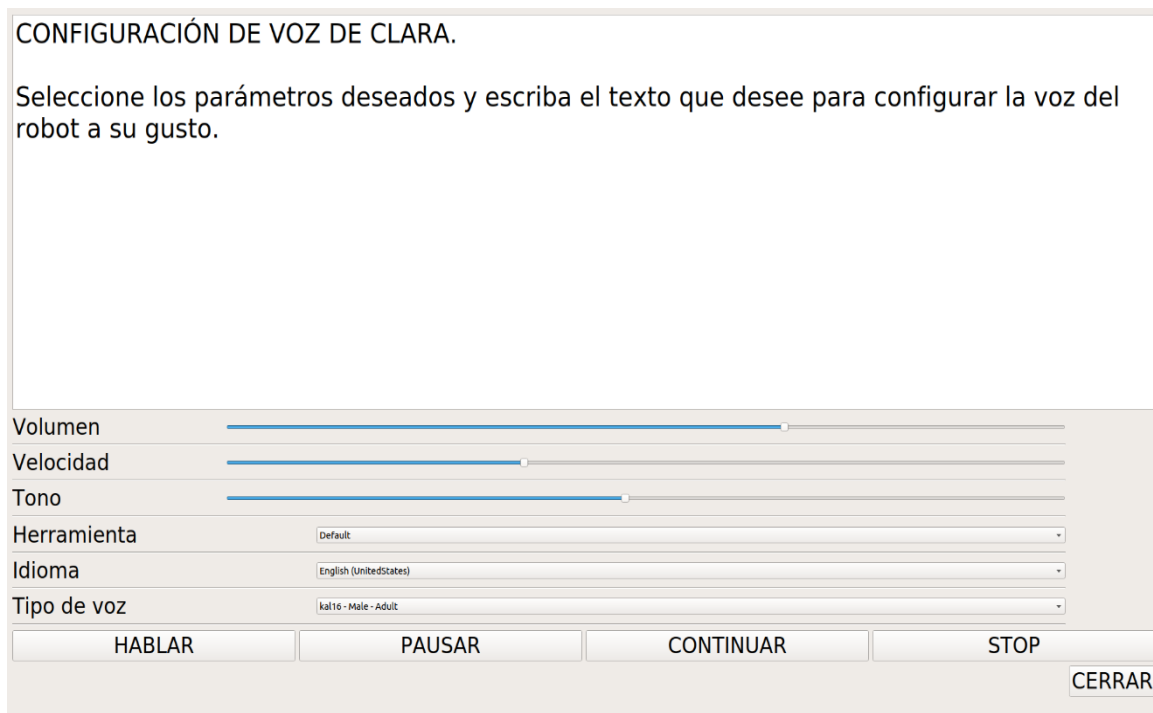
Como ya se ha mencionado, la evolución del diseño de las interfaces a lo largo del tiempo ha ido perfeccionando su estética a base de modificar ciertos aspectos visuales. Uno de los aspectos más importantes en relación con estas modificaciones ha sido la reducción de texto, la cual ha sido siempre asociada a la reproducción por voz de aquel texto que se suprimía de la pantalla. Es por este motivo que el componente *Text-To-Speech* adquiere un papel tan fundamental en la accesibilidad de estas interfaces.

No solo eso, sino que, por motivos lógicos, el hecho de que los usuarios tengan la opción de recibir la información a través del medio auditivo ofrece una cantidad inmensa de ventajas para aquellos que presenten ciertas deficiencias visuales o tengan dificultades a la hora de mantener la atención sobre un texto en formato escrito. Por estos motivos el componente TTS se presenta como una de las principales ventajas de la aplicación.

Una de las ventajas que ofrece el entorno Qt es la amplia gama de librerías que incluye y que permiten al desarrollador implementar casi cualquier función que se desee. Dentro de esta gama destacamos librerías que permiten obtener datos como la fecha y hora actuales, librerías que permiten modificar parámetros multimedia o librerías que permiten acceder a componentes del robot.

Dentro de este último tipo de librerías destacamos aquella que nos permite acceder al reproductor de audio del robot y hacer sonar en forma de voz aquel texto que le sea introducido. Esta librería es la conocida como **QTextToSpeech** [26], y, como su propio nombre indica, será la encargada de hacer funcionar a la perfección dicho componente.

Dentro de lo que supone esta librería, al usuario se le permite jugar con distintas variables y parámetros relacionados con el medio auditivo como pueden ser la herramienta de voz, el tipo de voz, el idioma empleado, el tono y velocidad de la voz, etc. Siguiendo esa amplia oferta de parámetros a ajustar, se diseña una interfaz de configuración de voz a la que se puede acceder desde la Pantalla de Inicio. Esta pantalla está pensada para ser manipulada por el operario y que, de esta forma, pueda ajustar los niveles adecuados de voz al usuario presente.



*Figura 6.39. Interfaz de parámetros de TTS para configuración de voz*

Como se puede observar existe una herramienta de introducción de texto escrito como elemento principal de la ventana para que, una vez ajustados los parámetros deseados de voz, se pueda comprobar dicha voz reproduciendo el texto que se haya introducido en ella.

La interfaz, además del ajuste de parámetros de voz, ofrece la posibilidad pausar y continuar la voz cuando se quiera, así como pararla por completo. Además, es desde el código desde donde se buscan los tipos de voz disponibles y es el propio entorno de Qt el que nos ofrece una gran variedad de ellos para cada idioma seleccionado, tal y como se puede observar en el desplegable de opciones de voz de la figura 6.40.

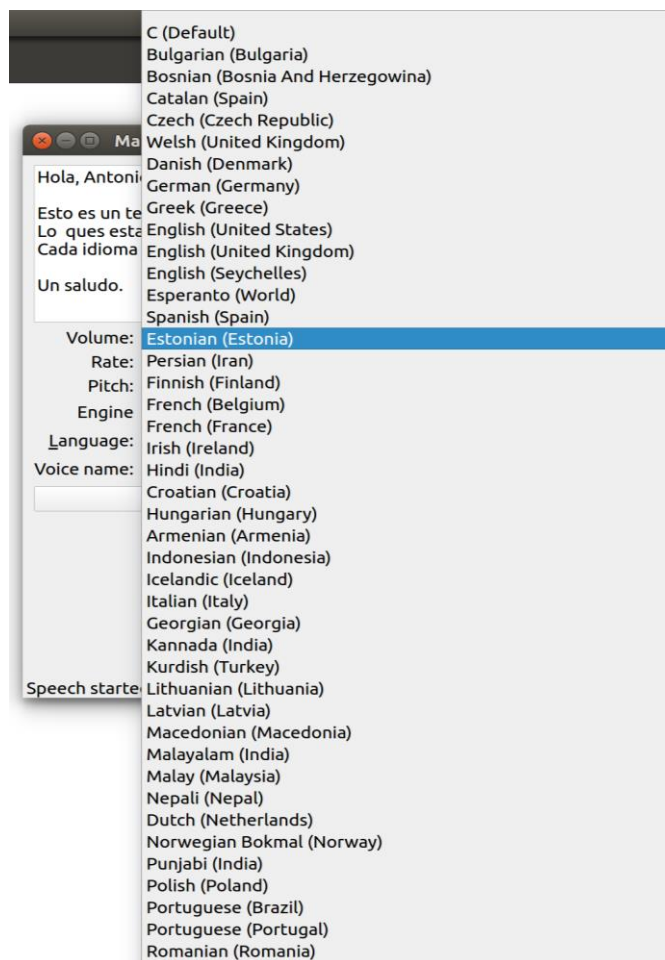


Figura 6.40. Selección del tipo de voz deseado

En definitiva, el componente TTS se presenta como la función de mayor peso dentro de la interfaz presentada por el Pregonero por su facilidad de uso, su maniobrabilidad, su accesibilidad y por la facilidad de comprensión que presenta. El usuario ve reforzada su interpretación de la información presentada por pantalla cuando existe una voz amigable y cercana ofreciéndole un estímulo auditivo que complementa su estímulo visual.

El inicio de la reproducción de voz se permite una vez se acciona el botón de TTS situado en todas y cada una de las interfaces accesibles de las que se compone el Pregonero. Mediante el accionamiento de este botón, comienza la voz, acompañada o no de los subtítulos en función de lo que el usuario haya elegido previamente. Dicho botón de voz, el cual puede ser observado rodeado en rojo en la barra del menú de la figura 5.45, se ha decidido que debía ser fácilmente reconocible y estar colocado en un lugar relevante de la interfaz por ser uno de los que mayor peso tenían dentro de ella.

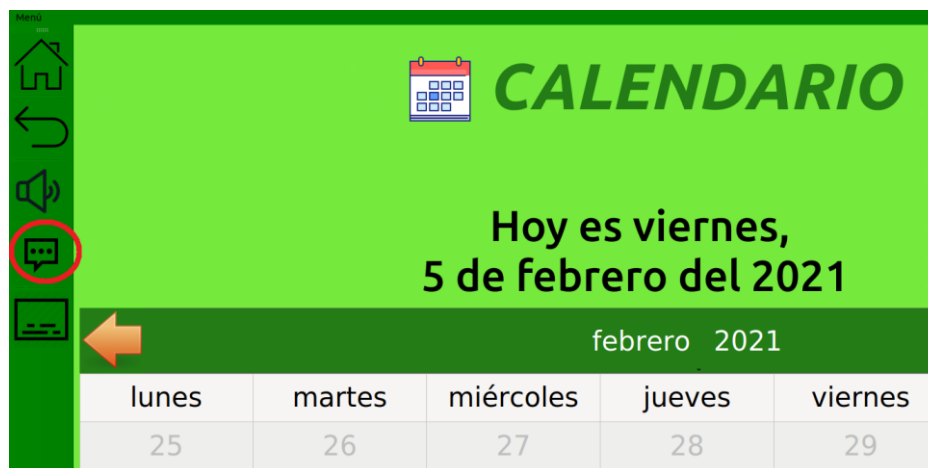


Figura 6.41. Botón de activación del componente TTS

## Subtítulos

La interfaz de los subtítulos guarda una relación muy cercana con el componente de voz del robot. Esto se debe a que, la aparición de los subtítulos es simultánea a la reproducción por voz de dicho componente y está pensada para lograr un acercamiento al entendimiento de aquello que está siendo dicho y hacer de la experiencia audiovisual algo más intuitivo y accesible.

Está demostrado que la lectura de un texto que está siendo dicho favorece su reconocimiento y ayuda a comprender de manera más agradable la información transmitida debido a que ambos sentidos se conectan entre sí y colaboran para entender el mensaje.

Por este motivo se implementa la opción de los subtítulos sobre la interfaz del Pregonero, para perfeccionar esa búsqueda constante de la mayor accesibilidad posible en ella y lograr que la experiencia sensorial entre el usuario y el robot sea sencilla y agradable.

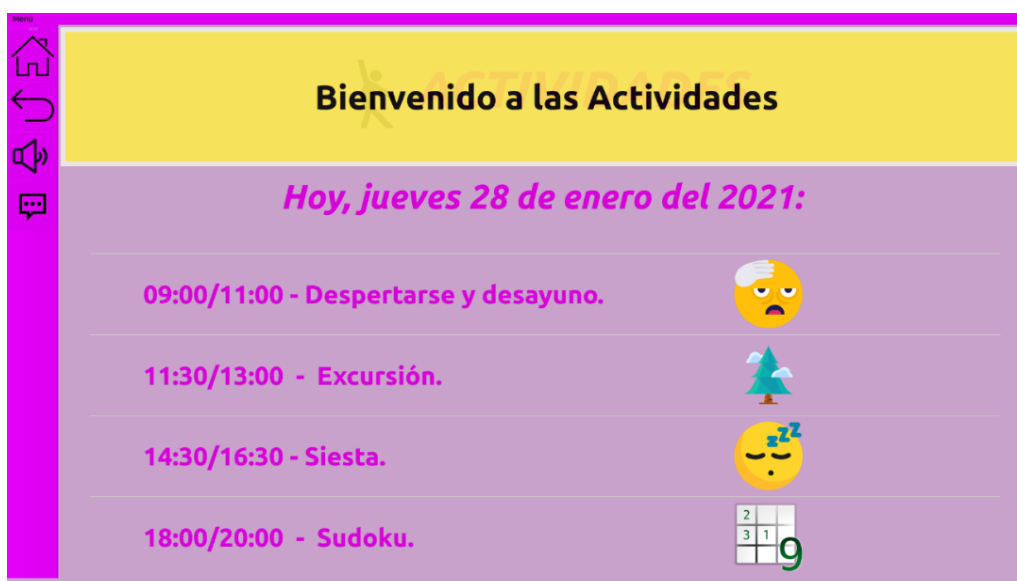


Figura 6.42. Ejemplo de subtítulos (I) en la interfaz de Actividades

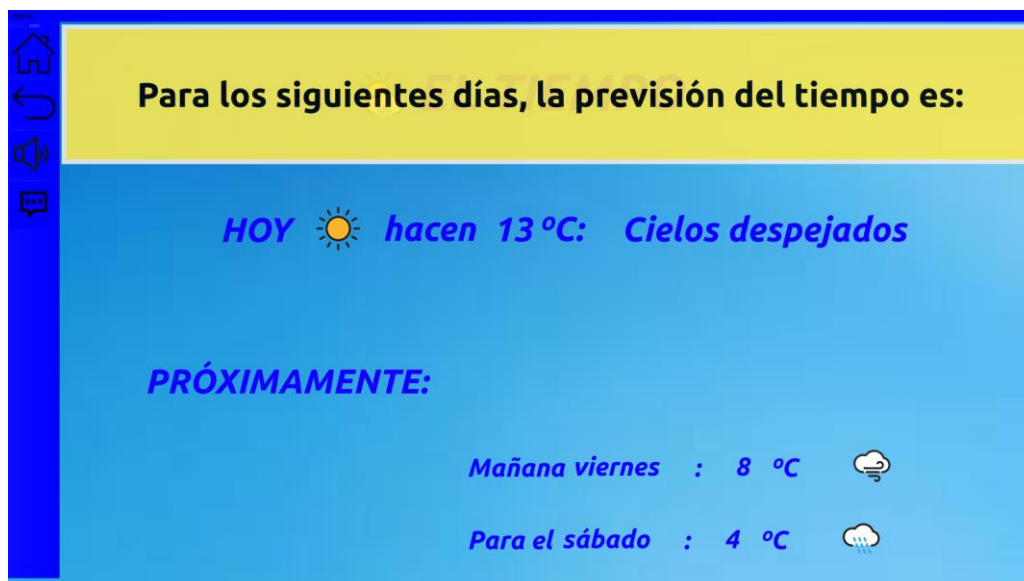


Figura 6.43. Ejemplo de subtítulos (I) en la interfaz de El Tiempo

Como se puede observar, el formato de aparición de estos subtítulos en un primer momento se decidió que estuviera situado en la parte superior central y con un formato de letra clara, con un tamaño legible y un tono negro resaltado que facilitara su lectura.

Al igual que en el resto de las interfaces, los subtítulos también sufrieron modificaciones con el fin de lograr una mayor proximidad a los requisitos de accesibilidad que se debían cumplir. En ese sentido, la principal de las modificaciones tuvo relación con el color del fondo. Tras ser consultado con diferentes usuarios, se concluyó con que el tono amarillo del fondo podría despistar y, más que captar la atención del lector, podría llegar a desviarla.

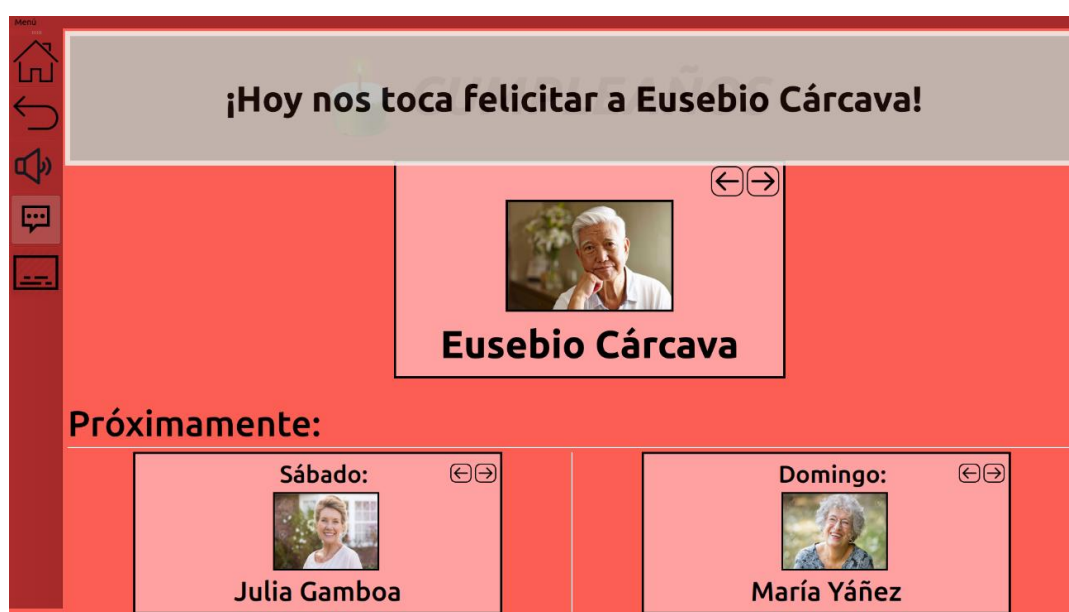


Figura 6.44. Ejemplo de subtítulos definitivos en la interfaz de Cumpleaños



La solución ante este problema se obtuvo tras sustituir dicho color amarillo por un fondo con un tono grisáceo claro con ciertos toques de transparencia para no ocultar de forma total la información situada en esa franja del espacio ocupado por los subtítulos. De esta forma se obtenía una versión más interpretable por el usuario debido a que los colores escogidos no hacían resaltar ningún texto por encima de otros y permitían que todo fuera comprendido de manera uniforme.



*Figura 6.45. Ejemplo de subtítulos definitivos en la interfaz de El Tiempo*

Por último, cabe mencionar que la variante de poder elegir si contar o no con subtítulos simultáneos a la voz que reproduce la información de la interfaz fue una de las últimas implementaciones que se realizó sobre el proyecto.

Tras ser consultado con los encargados de supervisar el desarrollo de la interfaz, se concluyó con que podría ser de gran ayuda permitir la opción de activar o desactivar estos subtítulos antes de que el robot comenzara a hablar. De esta manera, el usuario podría elegir que sería lo más conveniente para él mismo en función de las discapacidades sensoriales que tengan. Es probable que algunos ancianos se sientan más cómodos leyendo el texto que está siendo dicho en ese momento, pero también es probable que muchos otros prefieran que la interfaz esté lo más despejada posible a la hora de interpretar los estímulos que se reflejan en ella.

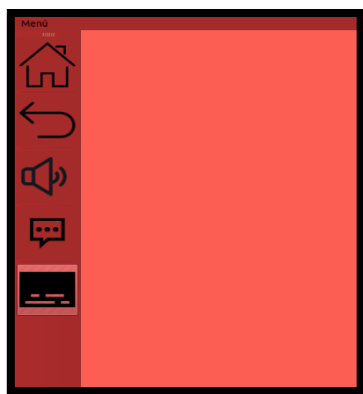


Figura 6.46. Subtítulos activados

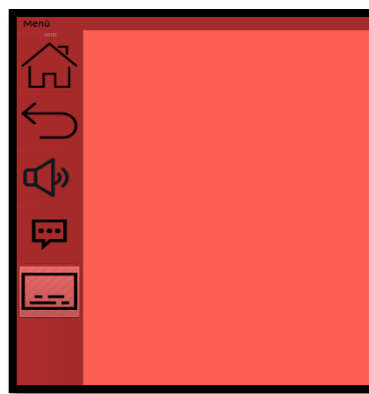


Figura 6.47. Subtítulos desactivados

De esta manera, y, con solo un toque en el botón de subtítulos que aparece en la barra del menú, se le permite al usuario jugar con la activación y desactivación indistintamente y tantas veces como quiera hasta que se decida de lo que desea para acompañar a la voz en la experiencia sensorial que ofrece el **Pregonero**.

## Volumen

Para finalizar con las funciones ofrecidas por la interfaz es preciso mencionar la opción del **Volumen**. Como su propio nombre indica, de nuevo se le ofrece al usuario la posibilidad de jugar con el nivel de volumen que quiere que el sonido tenga cuando sea reproducido.

Como bien sabemos, los usuarios a los que irá destinada esta interfaz accesible pueden presentar diferentes niveles de captación del sonido en función de las deficiencias auditivas que tengan.

En esa búsqueda de la perfección para la interfaz, se optó por incluir una variante más que le otorga algo de valor añadido a la experiencia. La opción de manejar el volumen será accedida a través de un botón existente en la barra del menú de todas las interfaces presentes en la aplicación.

Mediante un toque sobre ese botón, se abrirá en la parte inferior de la pantalla un pequeño display que mostrará una barra sobre la que deslizar, acompañada del mensaje volumen y un botón para cerrar la ventana una vez seleccionado el volumen adecuado para cada usuario. A través de ese deslizamiento sobre la propia barra, el usuario será capaz de adaptar a su oído el sonido adecuado para escuchar la voz del robot con nitidez y disfrutar así de la interacción con él de una manera más cercana.



Figura 6.48. Barra deslizante de ajuste de volumen

Como se puede observar el diseño de este display es sencillo pero conciso. Las tonalidades verdes elegidas permiten que se comprenda fácilmente la lógica de funcionamiento basada en el deslizamiento de la barra del volumen.

En definitiva, se presenta una función adicional más que sirve como apoyo y resolución del problema para el usuario en el caso de accionar el componente de voz del robot y no obtener una respuesta auditiva adecuada a las capacidades del usuario.

## 6.4. Evaluación de la interfaz accesible

Además de las pruebas de comprobación de usabilidad y accesibilidad realizadas sobre las interfaces gráficas implementadas en el robot, las cuales serán explicadas más adelante, también fue necesario llevar a cabo ciertas pruebas individuales de comprobación de funcionamiento del robot CLARA antes de comenzar a implementar las interfaces accesibles. Más en concreto, se realizaron pruebas de comprobación de funcionamiento de ciertas herramientas que deberían funcionar en la aplicación, como por ejemplo la herramienta de voz o *Text-To-Speech* (TTS).

Dicha prueba del componente de voz se realizó de manera individual para comprobar su funcionamiento antes de ser incorporado al proyecto global. Como ya se ha mencionado acerca de este componente, el *Text-To-Speech* es un componente ofrecido por el propio entorno de Qt en forma de librería que, al ser incluida, permite el acceso del programa al componente reproductor de audio del ordenador del robot. Aun así, cuando se decidió implementar dentro del código este componente, era mucha la cantidad y la complejidad de las líneas de programación con las que contaba el programa. Por este motivo, se tuvo que realizar una prueba individual referente al TTS para que, una vez comprobado su funcionamiento como individual, se pudiera incorporar de manera más sencilla al cómputo global del código del **Pregonero**.

Para ello, se implementó un módulo sencillo de voz en el que se buscaba entre las voces disponibles en el sistema desde el propio código de Qt y se establecían ciertos parámetros de configuración de voz para que, al compilar el programa, se obtuviera una interfaz de prueba en la que se podían testear diferentes voces y escoger entre una amplia gama de tipos de herramientas de voz, de idiomas y de voces, así como ajustar el nivel requerido de volumen, velocidad y tono de voz del reproductor.

Tras esta prueba se comprobó que la herramienta en efecto funcionaba correctamente y que solo haría falta implementarla en el interior del resto del sistema como una interfaz más que sería accedida cuando se quisiera reproducir por voz el texto aparente en la interfaz.

Quizá la prueba del *Text-To-Speech* fuera una de las que más importancia obtuvo en un final por su peso sobre el proyecto y por la dificultad que supuso en un primer momento para ser implementada y para hacer que funcionara de manera adecuada a como se esperaba que funcionara.

Aun así, las pruebas más representativas que se llevaron a cabo tras la realización del proyecto fueron las distintas pruebas destinadas a comprobar si el nivel de accesibilidad y usabilidad de las interfaces que se habían implementado era el adecuado y cumplía con las necesidades que presentaría el usuario.

## Pruebas de usabilidad y accesibilidad de interfaces

En un primer momento se pensó que, una vez el diseño fuera definitivo, las pruebas de impresión visual sobre las interfaces se realizarían sobre pacientes reales de la residencia donde estaba pensado que funcionaría CLARA. Esta idea, como muchas otras, se vieron truncadas debido a la situación sanitaria actual que vivimos en nuestro país y en todo el mundo. El virus del Covid-19 ha cambiado nuestra rutina, nuestra percepción de la sanidad, y, en definitiva, ha cambiado nuestra vida, pero, sobre todo, el sector más afectado con esta situación es precisamente el sector de la tercera edad, el cual sufre una inseguridad constante provocada por el acecho del virus sobre las personas mayores.

Dicho esto, es importante mantener las distancias y cumplir todas las medidas de seguridad relacionadas con los ancianos que nos rodean para tratar de velar por sus vidas. Por este motivo, las pruebas que inicialmente estaban pensadas para funcionar en masa sobre grandes cantidades de ancianos, no pudieron finalmente realizarse de esa manera.

La solución a este problema pasó por reducir en gran medida los usuarios que iban a ser partícipes de la comprobación de la accesibilidad de las interfaces y el protocolo para realizarlas. Se realizaron pruebas parciales durante todo el desarrollo de las interfaces, y finalmente pruebas formales de accesibilidad y usabilidad de las interfaces:

### 1) Evaluaciones parciales durante el desarrollo de las interfaces.

Durante el desarrollo de las interfaces, el aspecto de éstas, su usabilidad y su accesibilidad fueron comprobados y evaluados parcialmente por diferentes usuarios. Dichos usuarios no solo fueron una cantidad bastante pequeña de personas, sino que tampoco fueron miembros de la residencia de Málaga donde CLARA funcionaría en un futuro. Las personas encargadas de someterse a pruebas visuales de impacto fueron personas cercanas al entorno del redactor de este proyecto, más concretamente, su tutora de la universidad, amigos e incluso miembros de su familia que presentaban algún tipo de deficiencia auditiva o visual.

Las pruebas no tenían un procedimiento concreto establecido, sino que se basaban en las impresiones generadas por las distintas interfaces a los usuarios que se sometía a ellas y en los diferentes consejos en forma de modificaciones que se le hacían al redactor para que fueran incluidos en las interfaces como futuras implementaciones.

Como ya se ha visto, estas pequeñas pruebas parciales han ido haciendo que las interfaces vayan cambiando su aspecto poco a poco, pero que, a pesar de cambiar ligeramente de una versión a otra, se observe un cambio radical desde el primer boceto hasta el diseño final. Estas pruebas facilitan el camino del desarrollo y guían el diseño hacia un final adecuado y plenamente perfeccionado.

Es importante recalcar que las pruebas se basaban en el uso libre y autónomo del usuario sobre la interfaz para que se pudiera entender el funcionamiento de todas las ventanas, así como desplazarse libremente por ellas y captar la información que transmitían. Previo al

inicio de la experiencia, a todos los usuarios que se sometieron a la prueba se les puso en contexto y se les explicó la situación en detalle para que, de esa manera, se pusieran parcialmente en la piel de un anciano siendo sometido a una experiencia como aquella.

Como conclusión, después de cada interacción del usuario con el robot, se procedía a una pequeña evaluación de los acontecimientos y de la experiencia vivida para así recopilar distintas opiniones y hacer un estudio sobre aquellos detalles que marcaban la diferencia y aquellos aspectos que llamaban más la atención sobre los lectores.

En general, las opiniones iban siempre dirigidas hacia el impacto visual cargante que generaba el exceso de texto en la pantalla, por lo cual la evolución en el diseño de las interfaces ha ido ligada a la optimización del texto y la desaparición de la letra vinculada con la aparición de la voz.

## 2) Pruebas formales de usabilidad y accesibilidad.

Una vez finalizada la implementación de la interfaz, se debía comprobar cómo de usables/útiles y accesibles resultarían para los usuarios que interactuasen con ella. Para ello, se estableció un proceso de evaluaciones formales con usuarios reales. Las pruebas fueron diseñadas siguiendo un procedimiento concreto, establecido dentro del marco legal en que se desenvuelve el proyecto, y pretendían evaluar su uso en diferentes usuarios. Dichos usuarios fueron escogidos cuidadosamente buscando la máxima variedad posible en términos de edad, sexo, experiencias previas con robots y deficiencias sensoriales presentadas, lo cual podría darnos una idea, basándonos en los resultados obtenidos de estos usuarios, de lo que se obtendría de la interacción de un anciano con el robot.

### Usuarios:

Dichos usuarios fueron escogidos cuidadosamente buscando la máxima variedad posible en términos de edad, sexo, experiencias previas con robots y deficiencias sensoriales presentadas, lo cual podría darnos una idea, basándonos en los resultados obtenidos de estos usuarios, de lo que se obtendría de la interacción de un anciano con el robot.

Los usuarios fueron 10 personas conocidas por el autor que se prestaron voluntarias para realizar el experimento. A continuación, se resumen las características y los datos sensoriales y sociodemográficos de las personas que participaron, los cuales se recogieron a través de un formulario “pre-test” que rellenaban ellos mismos antes de comenzar su experiencia de interacción con la interfaz del robot. Este test estaba formulado a través de Google Forms, y dentro de los datos que recogía no se incluía el nombre, ya que se trataron los datos de forma pseudonimizada y es un dato irrelevante para el estudio posterior, pero sí que se recogían datos como la edad, sexo o nacionalidad, así como cualquier discapacidad visual, auditiva, motora o interacciones con herramientas tecnológicas previas a esta evaluación del robot.

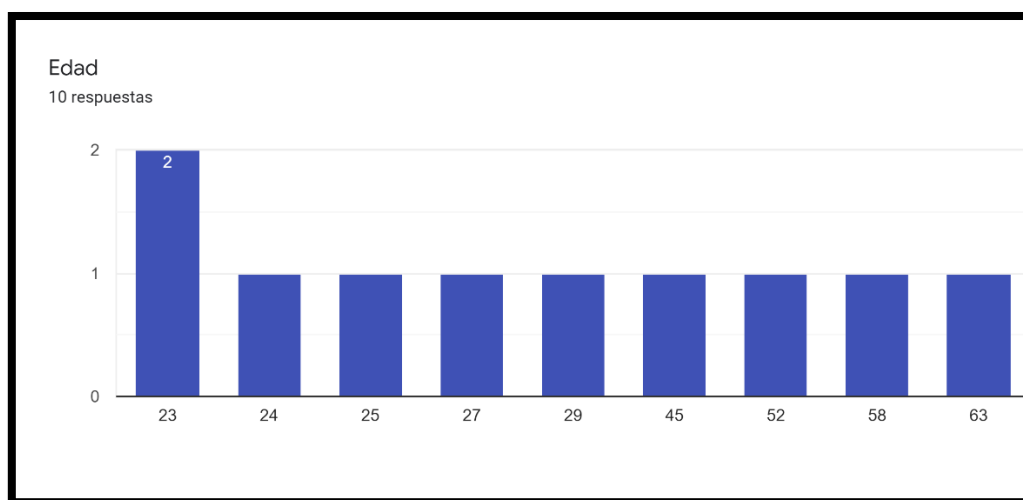


Figura 6.49. Edad de los usuarios

En general se puede apreciar como los usuarios que se sometieron a la prueba presentan una variedad considerable en cuanto a la edad. Además, se trató en todo momento de buscar usuarios que presentaran algún tipo de discapacidad sensorial, ya fuera auditiva, visual o motora, para intentar asemejar al máximo los resultados a lo que contestarían las personas ancianas de una residencia.

Siendo el 1 “No puedo oír absolutamente nada” y el 5 “Puedo oír perfectamente”, se puede observar que la discapacidad auditiva es nula en la mayoría de los casos, pero notable en algunos otros, e incluso considerable en casos particulares.

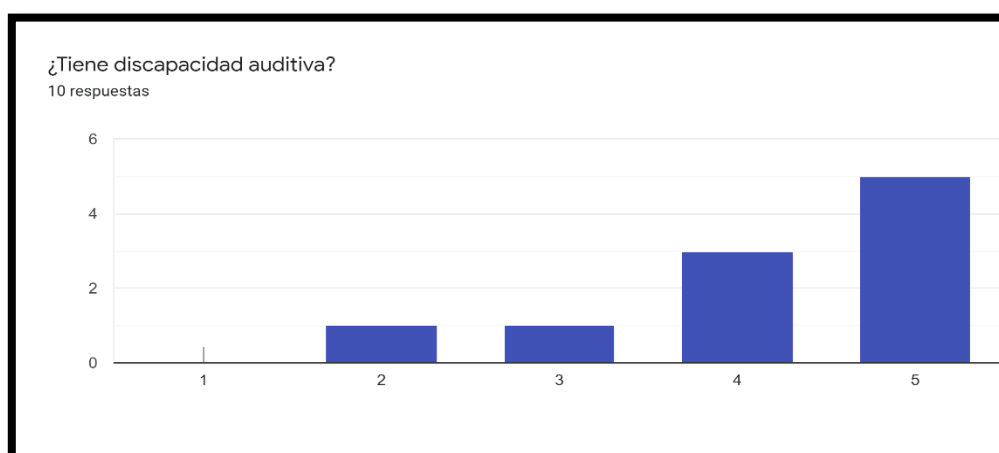


Figura 6.50. Discapacidad auditiva de los usuarios

En cuanto a la discapacidad visual, siendo el 1 “No puedo ver absolutamente nada” y el 5 “Puedo ver perfectamente”, se observa como la mayoría de los sujetos presenta dificultades para ver con claridad, uso de refuerzos visuales como gafas o lentillas e incluso, en ocasiones, alusión a su dificultad para leer, en cuya pregunta el 33% de las respuestas valoraron como considerables sus problemas visuales para la lectura.

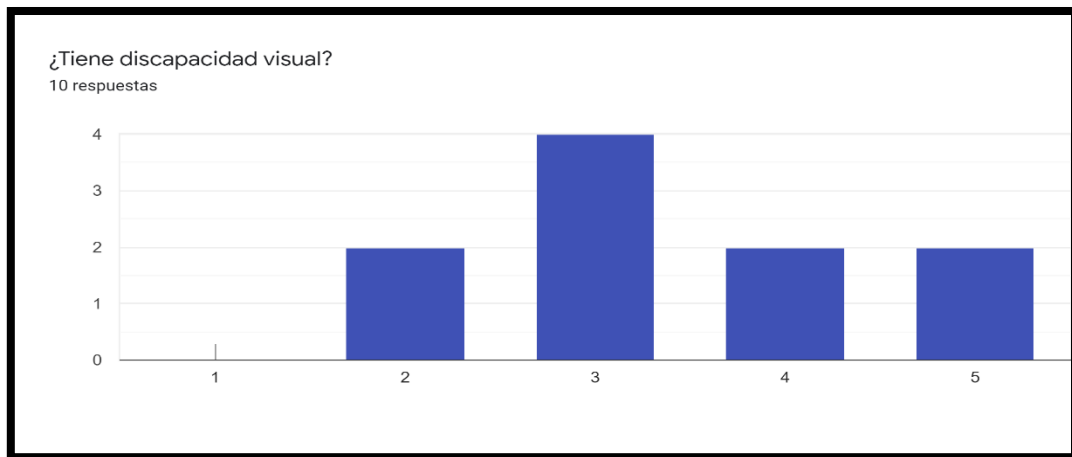


Figura 6.51. Discapacidad visual de los usuarios

Por último, en cuanto a la discapacidad motora, siendo el 1 “No puedo mover ni brazos ni piernas” y el 5 “Puedo moverme perfectamente”, la mayor parte de usuarios aseguró no tener dificultades en este aspecto, a excepción del 22%, que presentaba algún problema de movimiento, alegando como respuesta la movilidad reducida de los brazos.

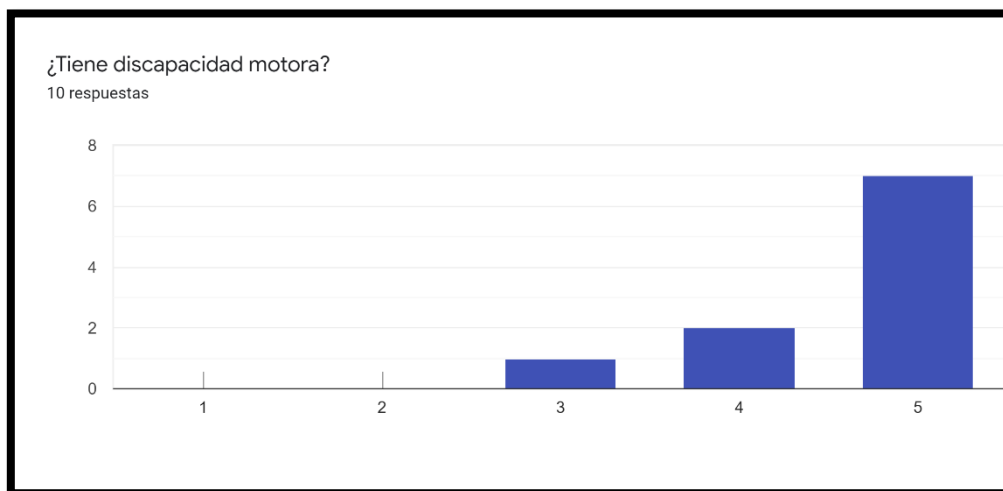


Figura 6.52. Discapacidad motora de los usuarios

En cuanto al uso de dispositivos electrónicos, es cierto que algunos de los usuarios evaluados tenían cierta experiencia en el manejo de la tecnología, pero muchos otros carecían de estas habilidades e incluso podían llegar a presentar el nivel tecnológico de una persona de la tercera edad, lo cual favorecía el resultado de los análisis de estas evaluaciones. Además, con este estudio previo a la evaluación de la aplicación también se comprobó que la gran mayoría de los usuarios que iban a ser evaluados carecía de experiencia previa con el uso de robots, lo cual suponía que el *feedback* que pudieran proporcionar sería de gran ayuda para el análisis de funcionamiento de la interfaz.



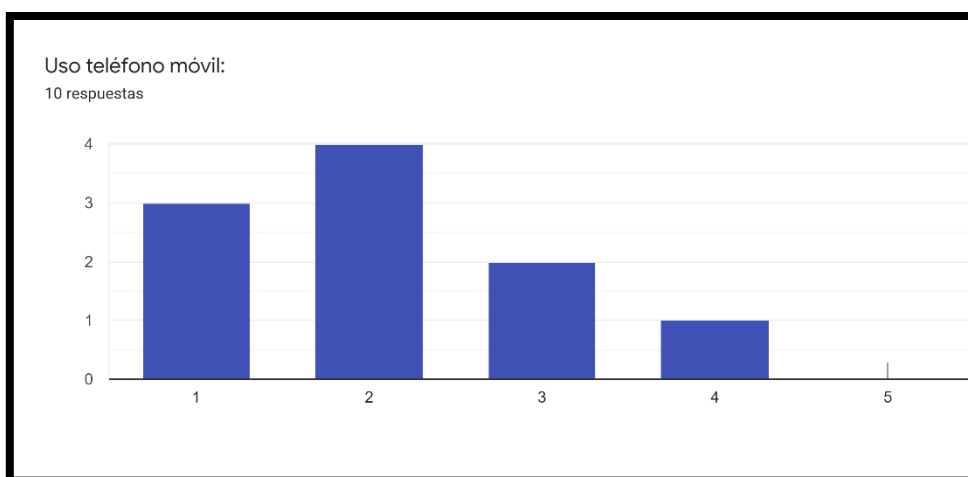


Figura 6.53. Uso del teléfono móvil de los usuarios

En cuanto al uso del teléfono móvil, ordenador o tablet, siendo 1 “Continuamente (a todas horas)” y 5 “Nunca”, sí que es cierto que se puede observar cómo los usuarios presentan mayor manejo debido al constante uso que se hace hoy en día de ella para aspectos como el trabajo, el estudio, la mensajería instantánea, las redes sociales, etc. Aun así, como ya se ha dicho, el previo uso de robots no predominaba entre los participantes de la prueba, por lo que los resultados obtenidos de ella son de gran ayuda.

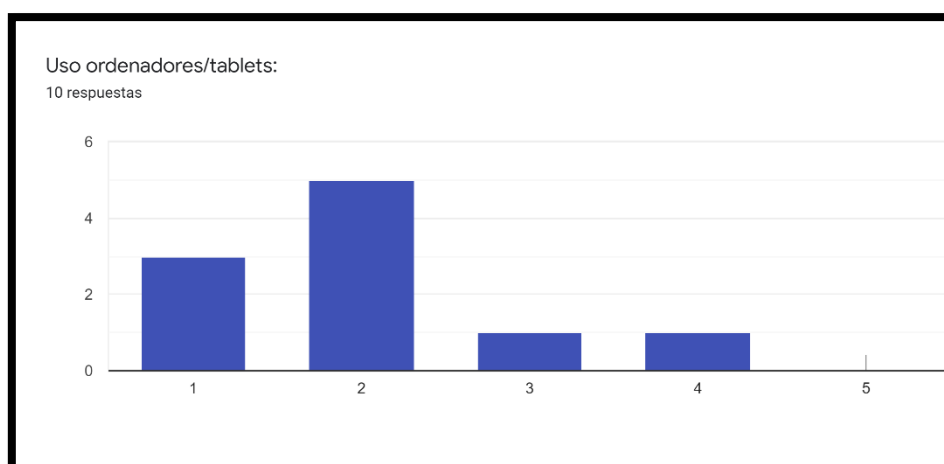


Figura 6.54. Uso de ordenadores/tablets de los usuarios

Por último, cabe mencionar también que la gran mayoría de los usuarios confirma su deseo de interactuar con robots y atribuye este deseo a usos del robot relacionados con la domotización de la vivienda, la automatización de procesos, la solución de problemas cotidianos del día a día o el puro entretenimiento.

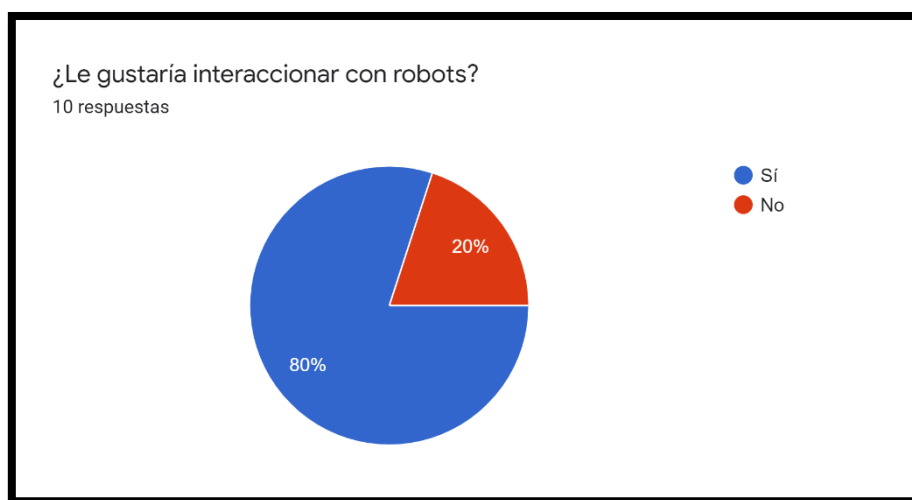


Figura 6.55. Opinión de los usuarios sobre interaccionar con robots

#### Datos Analizados:

Durante el experimento se utilizaron métodos cuantitativos y cualitativos, con información objetiva y subjetiva, que fueron combinados y complementados para analizar si las interfaces eran usables y accesibles:

- Cuestionarios y entrevistas estructuradas: los usuarios respondieron un cuestionario “pre-test” que recogía información sobre sus características personales y datos sociodemográficos (comentado en el apartado anterior) y otro cuestionario “post-test” donde se les preguntaba sobre su experiencia al realizar las tareas con el robot. Además, este cuestionario “post-test” se complementaba con preguntas abiertas sobre interacción con el robot. Estas preguntas variaban de acuerdo a la observación que realizaba el entrevistador durante sus pruebas. De esta forma se recogían datos subjetivos sobre la opinión de los usuarios sobre la usabilidad y accesibilidad de las interfaces. Las preguntas de los cuestionarios seguían una estructura de escala Likert de cinco puntos [27].
- Realización de las tareas: como dato objetivo de la experimentación, se recogía información sobre las tareas que los usuarios podían completar (y que habían contestado correctamente), así como el tiempo que tardaban en completarlos y los fallos que cometían durante la interacción.
- Observación: El autor del TFG observaba como los participantes completaban las tareas, apuntando si éstas las hacían correctamente o si encontraban barreras de accesibilidad o usabilidad durante la interacción. Esta observación le permitía posteriormente realizar preguntas al usuario durante las entrevistas para completar la información recabada durante los experimentos o incluso pedirles que realizaran alguna tarea extra para comprobar la dificultad que le encontraban.

### Procedimiento:

El primer paso antes de ejecutar cualquier procedimiento de prueba, una vez se seleccionó a las distintas personas que conformarían la lista de usuarios, fue poner en contexto a todos ellos sobre la herramienta con la que iban a tratar. Se les explicó el fin último de la aplicación, lo que se había pretendido conseguir con ella, el marco en el que se desarrolló el proyecto y el público al que iba a ir dirigido.

Previo a comenzar la prueba, existió un procedimiento legal necesario para la ejecución de la misma, consistente en la firma, por parte del usuario, de un consentimiento para tratar sus datos sin ánimo de lucro, únicamente buscando el análisis o la evaluación de la aplicación que se estaba testeando y haciendo como responsable de dicho tratamiento de datos a la Universidad Carlos III de Madrid. Dicho procedimiento fue supervisado y aprobado por el Delegado de Protección de Datos de la Universidad.

Una vez con el consentimiento del usuario, el siguiente paso consiste en que éste tiene que rellenar un cuestionario “pre-test”,

Después de rellenar este formulario de datos previo a la evaluación, se le entregaba al usuario un documento con las distintas pruebas que debería tratar de cumplimentar en su interacción. Con ello, lo que se pretendía era analizar la facilidad o dificultad con la que lo conseguían. Se trataba de 17 pruebas cortas, sencillas y directas, y tenían como fin último ver cómo de clara quedaba la información de la interfaz para una persona totalmente ajena al proyecto. La Tabla 6.3 muestra las tareas que tenían que realizar todos los usuarios.

BUSCA UN BOTÓN PARA:	
1. Conseguir ver qué día es hoy y qué hora exacta tenemos.	
Día:	Hora:
2. Conseguir que el robot le diga qué día es hoy y qué hora exacta tenemos.	
3. Conseguir ver las actividades programadas para el día 22/02/2021.	
4. Conseguir activar y desactivar los subtítulos.	
5. Conseguir volver a la Pantalla de Inicio desde esta ventana.	
6. Conseguir identificar el botón de ajuste de voz del robot.	
7. Conseguir configurar la voz del robot a su gusto.	
8. Conseguir subir/bajar el volumen de la voz del robot hasta que pueda distinguirla perfectamente.	
9. Conseguir ver todos los cumpleaños de hoy y de los próximos días.	
10. Conseguir que el robot le diga todos los cumpleaños de hoy y de los próximos días.	
11. ¿Cuántos cumpleaños hay hoy?	Número:
12. Conseguir ver el tiempo pronosticado para hoy y para los próximos días.	
13. Conseguir que el robot le diga el tiempo pronosticado para hoy y para los próximos días.	
14. ¿Cuántos grados habrá pasado mañana?	Grados:
15. Conseguir ver las actividades programadas para el día de hoy.	
16. Conseguir que el robot le diga las actividades programadas para el día de hoy.	
17. ¿Cuál es la última actividad de hoy?	Actividad:

Tabla 6.3. Tabla de tareas del test con el robot CLARA

Todas ellas se llevaron a cabo en el laboratorio 2.1.B.16 del campus de Leganés de la Universidad Carlos III de Madrid, en contacto real con el robot e interactuando con él a través de su pantalla táctil central. Las pruebas se realizaron en un horario en el que se aseguró en todo momento que en el laboratorio solamente estaría el robot, el evaluador y la persona voluntaria a participar. De esta forma el entorno era más relajado para los voluntarios, existiendo un ambiente distendido e informal.

Los usuarios trataban de cumplimentar las tareas, marcando las tareas superadas completando las preguntas que se realizaban para comprobar que se había entendido el contenido de las interfaces. A lo largo de toda la prueba, el usuario era observado por el autor del TFG, que tomaba nota sobre aquellas tareas que el usuario es capaz de hacer y aquellas que no o que le requerían mayor tiempo de ejecución, así como las barreras de accesibilidad que encontraba durante la interacción.

Como conclusión al experimento, después de cada interacción del usuario con el robot, se procedió a una pequeña evaluación de los acontecimientos y de la experiencia vivida para así recopilar distintas opiniones y hacer un estudio sobre aquellos detalles que marcaban la diferencia y aquellos aspectos que llamaban más la atención sobre los usuarios. De esta manera se consiguió tener una idea más verídica sobre aquellos aspectos de la interfaz que realmente funcionaban adecuadamente y resultaban intuitivos para el usuario, y aquellos que dificultaban la interacción o resultaban difíciles o poco intuitivos.

Dicha evaluación “post-test” también se realizó en forma de cuestionario y fue cuidadosamente diseñada para que sus respuestas proporcionaran la información necesaria para el análisis de la validez de funcionamiento de la interfaz en usuarios reales. Dicho cuestionario se componía de 28 preguntas, separadas por temáticas de interés y respondidas siguiendo el criterio de la escala Likert, en la cual las respuestas se evalúan de 1 a 5 siguiendo una escala lineal y conociendo ambos extremos. En nuestro caso, para todas las afirmaciones propuestas en el cuestionario, y que pueden observarse en las tablas que se presentan a continuación, el 1 se correspondía con la respuesta “Totalmente en desacuerdo” y el 5 se correspondía con la respuesta “Totalmente de acuerdo”.

El cuestionario también se encuentra formulado a través de *Google Forms* y ha sido rellenado en todos los casos mediante un ordenador situado justo al lado del robot para que, una vez terminadas las pruebas, el usuario pudiera responder de manera rápida y directa y no olvidar nada acerca de su experiencia.

Además, como ya se ha mencionado, las preguntas respondidas siguen un orden lógico y están, a su vez, subdivididas en apartados para diferenciar de manera clara las temáticas de preguntas realizadas. Más concretamente, son tres los apartados en que se dividen las 26 preguntas del “post-test”: 1. **Usabilidad**, 2. **Accesibilidad**, y 3. **Aceptación**.

Las preguntas de **Usabilidad** pueden ser observadas en la tabla 6.4:

CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN POST TEST			
NÚMERO	TEMÁTICA	PREGUNTA	EVALUACIÓN (1-5)
1	Intuición	La aplicación me resulta intuitiva.	
2	Intuición	La información en la pantalla me parece fácil de entender.	
3	Facilidad / Eficacia	He podido realizar las tareas fácilmente.	
4	Facilidad / Eficacia	No he necesitado ayuda durante la realización de las tareas.	
5	Apariencia	La apariencia de las ventanas de la aplicación permite distinguir claramente las distintas funciones que se pueden realizar.	
6	Robustez	He encontrado errores en el programa (En caso afirmativo, indique al operario en qué parte de la aplicación).	

*Tabla 6.4. Cuestionario de Evaluación: Preguntas de Usabilidad*

Las preguntas de **Accesibilidad** pueden ser observadas en la tabla 6.5:

CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN POST TEST			
NÚMERO	TEMÁTICA	PREGUNTA	EVALUACIÓN (1-5)
7	Flexibilidad	He podido entender lo que decía el robot sin problemas.	
8	Flexibilidad	La voz del robot me parece clara y entendible.	
9	Flexibilidad	He podido leer los subtítulos en la pantalla sin problemas.	
10	Flexibilidad	He podido pulsar en la pantalla para navegar por las diferentes ventanas sin problema.	
11	Flexibilidad	El conjunto de: mensajes en la pantalla + subtítulos + voz del robot, favorecen la comprensión.	
12	Propósito	He entendido claramente que el propósito de la Pantalla Principal era pulsar sobre cada botón para acceder al Calendario, Cumpleaños, Tiempo y Actividades respectivamente.	
13	Propósito	He entendido claramente que el propósito de la Pantalla de Calendario era conocer el día y la hora actual, y pulsar sobre cualquier día para conocer las actividades programadas para ese día.	
14	Propósito	He entendido claramente que el propósito de la Pantalla de Cumpleaños era conocer a todos los cumpleaños de hoy, así como a los de los próximos dos días.	
15	Propósito	He entendido claramente que el propósito de la Pantalla de El Tiempo era conocer el parte meteorológico de hoy, así como el de los próximos días.	
16	Propósito	He entendido claramente que el propósito de la Pantalla de Actividades era conocer el horario de actividades programadas para el día de hoy.	
17	Colores	Los colores elegidos en la aplicación permiten leer sin dificultad la información.	
18	Volumen	La aplicación me ha permitido subir/bajar el volumen de la voz del robot hasta que podía distinguirla perfectamente.	
19	Tamaño de objetos	El tamaño de letra es adecuado para su lectura a un metro de distancia.	
20	Navegación	La secuencia de ventanas en la aplicación sigue un orden lógico.	
21	Navegación	En todo momento he sabido en qué función de la aplicación me encontraba y cómo volver a la Pantalla Principal.	

Tabla 6.5. Cuestionario de Evaluación: Preguntas de Accesibilidad

Por último, las preguntas de **Aceptación** pueden ser observadas en la tabla 6.6:

CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN POST TEST			
NÚMERO	TEMÁTICA	PREGUNTA	EVALUACIÓN (1-5)
22	Aceptación	Me ha gustado que el robot me diga qué día es hoy y cuáles son las actividades programadas para el día pulsado del calendario y me gustaría que lo siguiera haciendo en el futuro.	
23	Aceptación	Me ha gustado que el robot me diga los cumpleaños de hoy y de los próximos días y me gustaría que lo siguiera haciendo en el futuro.	
24	Aceptación	Me ha gustado que el robot me diga el parte meteorológico de hoy y de los próximos días y me gustaría que lo siguiera haciendo en el futuro.	
25	Aceptación	Me ha gustado que el robot me diga cuáles son las actividades del día y me gustaría que lo siguiera haciendo en el futuro.	
26	Aceptación	Me gustaría que el robot fuera más completo e incluyera nuevas tareas en el futuro.	

*Tabla 6.6. Cuestionario de Evaluación: Preguntas de Aceptación*

### Resultados:

Es cierto que es importante conocer los datos de los usuarios previos a la realización de las pruebas para corroborar cómo de intuitiva será cada parte de la aplicación en función de los defectos sensoriales que presente la persona que se enfrenta a ella. Además, una vez en posesión de estos datos de cada usuario, cuando éste completa el cuestionario de evaluación “post-test”, se puede establecer un estudio detallado del funcionamiento de la aplicación considerando sus respuestas en base a sus características personales.

Por este motivo podemos asegurar que la evaluación posterior a la realización de las tareas es la mayor fuente de información que tenemos a la hora de analizar cómo de accesible es la interfaz. Basando los resultados “post-test” con los datos sensoriales “pre-test” de los usuarios, podemos llegar a diferentes conclusiones que nos permiten definir el nivel de intuición que ofrece la aplicación y proyectar los resultados a lo que se obtendría si los usuarios hubieran sido personas ancianas.

En términos generales, la mayoría de los usuarios coincidía en cuanto a la satisfacción obtenida de la usabilidad de la aplicación. No hubo usuarios que calificaran de poco intuitivas a las diferentes interfaces (Media M: 4,2; Desviación Estándar D: 0,6). La facilidad de las tareas fue calificada, de nuevo, como sencilla y la necesidad de ayuda durante la realización de las mismas fue prácticamente nula (Media M: 4,4; Desviación Estándar D: 0,53).

Aun así, la sexta pregunta de usabilidad permitía al usuario contestar con aquel o aquellos fallos que hubiera encontrado en la aplicación durante su interacción. Esta pregunta fue incluida para tener en cuenta las consideraciones y sugerencias de los usuarios y así arreglar aquellos aspectos que no terminaban de encajar por completo en la interfaz.

6. He encontrado errores en el programa (En caso afirmativo, escriba cual o cuales).

5 respuestas

no
La voz no se detiene a mi gusto y tamaño pequeño del botón de subir voz
Confusión entre los botones de volumen y voz
Los subtítulos no me han parecido muy intuitivos.
Subtítulos Voz del robot no se detiene

*Figura 6.56. Errores encontrados por los usuarios en la aplicación*

Como se puede observar, la mayor parte de las sugerencias que los usuarios realizaban iban relacionadas con la voz del robot y su incapacidad para detenerla en el momento que desearan. Además, durante las pruebas se pudo observar una considerable confusión entre los botones de subir/bajar el volumen y de voz, lo cual tendrá que valorarse para ser modificado en el futuro y permitir que se comprenda en todo momento el funcionamiento de cada botón. Otro aspecto que resultó poco intuitivo para ciertos usuarios fue la incapacidad de habilitar y deshabilitar los subtítulos fácilmente, ya que, el diseño primario de la aplicación fue pensado para que el usuario habilitara o deshabilitara dichos subtítulos antes de que el robot comenzara a hablar, por lo cual en el momento en el que se intenta modificar esto mientras el robot está hablando, no se obtiene el resultado que se quisiera.

En cuanto a la evaluación de la accesibilidad de la aplicación, los usuarios también parecen coincidir en gran medida. El propósito de cada interfaz parece estar claro para ellos, los colores permiten leer sin dificultad la información, el tamaño de la letra es adecuado para permitir su lectura sin problemas y la navegación por las distintas ventanas sigue un orden lógico y se entiende en todo momento en que funcionalidad de la aplicación se encuentra el usuario.

Los problemas o las dificultades con las que se han encontrado los usuarios en términos de accesibilidad, como se puede apreciar, se encuentran relacionadas con la claridad de la voz del robot o la aparición y desaparición de los subtítulos. Es cierto que como futura implementación se debería buscar una voz alternativa a la que proporciona el propio entorno de trabajo Qt, ya que, en la mayoría de los casos esta voz no termina de adaptarse por completo al gusto de los usuarios a pesar de permitírsele configurar los distintos parámetros de voz robótica.



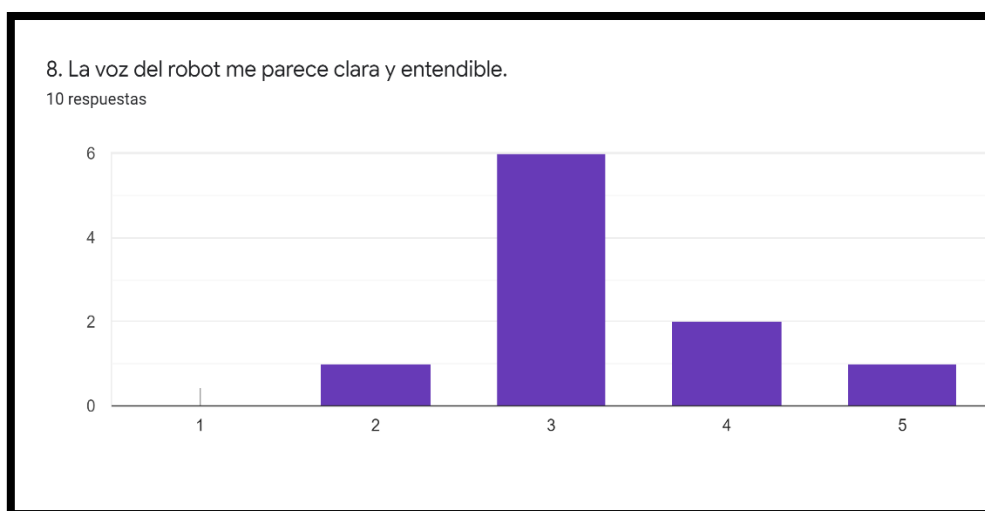


Figura 6.57. Opinión de los usuarios sobre la voz del robot

Por último, cabe mencionar que la evaluación general que hacen la mayoría de los usuarios es positiva, calificando de intuitiva la aplicación y dando la enhorabuena por el trabajo desarrollado. La finalidad del proyecto es muy agradable y los usuarios tienden a ponerse en la piel del anciano a la hora de calificar la interfaz. Prueba de ello es la respuesta que hacen a la pregunta de si les gustaría que se siguiera trabajando en el robot para añadir nuevas implementaciones en él que hicieran de la aplicación algo más completo y que pudiese llegar a ayudar a muchas personas. Siendo “1” Totalmente en desacuerdo, y “5” Totalmente de acuerdo, estas fueron las respuestas:

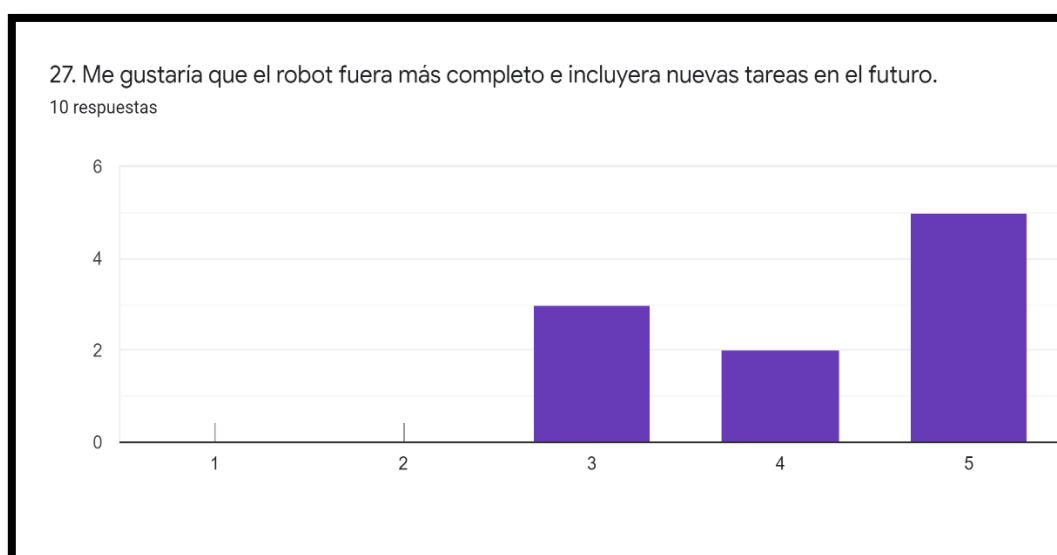


Figura 6.58. Opinión de los usuarios sobre el futuro del robot

Como conclusión, es importante añadir que todo el *feedback* obtenido por parte de los cuestionarios ha servido para analizar en detalle cuales son los aspectos de la aplicación que funcionan de manera más efectiva y cuáles son los que se interpretan peor. De esta manera, las pruebas de evaluación realizadas sobre la interfaz nos proporcionan una clara idea sobre las modificaciones que deberán ser incluidas como futuras implementaciones para pulir el diseño del sistema lo suficiente para que CLARA pueda llegar a ser incorporada como robot asistencial en una residencia en un futuro no muy lejano.

Es así como, a pesar de no haber podido contar con usuarios reales en residencias de ancianos, a los cuales dicho proyecto podría haber llegado a afectar directamente llegado el día en el que se implementara en la vida real, se consiguió ir perfeccionando el diseño de las interfaces basándose en la opinión de diferentes personas que aportaron su punto de vista crítico y constructivo y permitieron que el proyecto evolucionara en una línea adecuada al final de la cual se encontraba el resultado a un largo proceso de pruebas y modificaciones, que es la interfaz gráfica plenamente accesible actual del **Pregonero**.

## 7. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Llegados a este punto del proyecto, es necesario invertir cierto tiempo en analizar las conclusiones de las implementaciones que se han llevado a cabo en él y el impacto que han tenido, ya sea positivo o negativo. Además, en base a estas conclusiones, se procede también a contemplar las posibilidades de desarrollo que se ofrecen en forma de futuras implementaciones.

Las conclusiones a las que se llegan tras la finalización del proyecto van principalmente ligadas a la consecución de los objetivos marcados desde un inicio. En un principio se planteó como finalidad del proyecto lograr la implementación de una interfaz gráfica en el robot de CLARA que fuera lo suficientemente accesible para un público muy concreto y selectivo, que eran los ancianos integrantes de una residencia de ancianos.

Es cierto que dicha tarea requiere un trabajo extremadamente cuidado y minucioso en el que hasta el más mínimo detalle tiene que ser tenido en consideración a la hora de hacer la interfaz lo más accesible posible para ellos. Esto se debe, lógicamente, a las patologías o deficiencias sensoriales que puede presentar un público como este, y, por tanto, se debe tratar de hacer de la interacción entre la máquina y la persona un trámite de lo más intuitivo y eficaz.

Además, se debe tener en cuenta el factor real existente en torno al envejecimiento de la población. El mundo de la medicina actual se encuentra en plena y progresiva expansión y esto provoca que la esperanza de vida sea cada vez mayor a medida que avanza el tiempo. Todo esto supone que el entorno en el que se desarrolla el proyecto haya supuesto una motivación extra en el sentido de que se le esté dando tanta importancia hoy en día a las herramientas de cuidados asistidos como los robots debido a estas previsiones de envejecimiento de la población mencionadas para los próximos años.

Por tanto, la conclusión es que todo el esfuerzo invertido en el trabajo, las horas en el laboratorio y los días trabajando hasta altas horas de la madrugada a lo largo de estos meses, han merecido la pena cuando ahora se mira hacia atrás y se observa lo que se ha conseguido. Todo esfuerzo tiene su recompensa y más en un proyecto con tal implicación e insistencia en ayudar a personas que lo necesitan.

En cuanto a las futuras implementaciones que se esperan de este proyecto, son varios los puntos que en un primer momento se fijaron como objetivos pero que, por diversos motivos sucedidos a lo largo de este tiempo, acabaron sin ser cumplidos.

- En primer lugar, cabe mencionar que la versión inicial de la planificación del proyecto CLARA en la Universidad Carlos III de Madrid involucraba el diseño e implementación de cuatro interfaces gráficas accesibles, las cuales, aparte de la funcionalidad del Pregonero, consistían en una interfaz para seleccionar el menú del día, una interfaz para disfrutar de una galería de imágenes y una interfaz para comunicar al anciano con sus familiares de manera telemática. La primera de estas

implementaciones fue la del Pregonero, y fue asignada al presente proyecto de fin de grado. En cuanto al resto de interfaces, se pretende que sean asignadas a diferentes proyectos para que otros alumnos las desarrollen como futuras implementaciones en los tiempos que siguen.

- Otra importante implementación de futuro que se consideró a la hora de diseñar el proyecto fue la inclusión en él del componente *Speech-To-Text*, al igual que se hizo con el componente *Text-To-Speech*. De la misma manera que el TTS se emplea con el fin de convertir en voz todo aquel texto escrito que se desee convertir, el STT se presenta como un componente de reconocimiento de voz que pretende convertir en texto cualquier entrada de voz recibida por el robot. De esta manera lo que se pretende es perfeccionar la interacción entre el usuario y el robot y potenciar al máximo el intercambio de información entre ambos.

Entre otras cosas, lo que aportaría al sistema la implementación del componente *Speech-To-Text* sería la posibilidad de que el usuario transmitiera constantemente sus sensaciones sobre lo que está siendo para él la experiencia con la interfaz gráfica y, de esa manera, la interfaz podría evolucionar de una manera u otra para adaptarse a sus necesidades momentáneas y hacer que la interacción sea más fructífera.

- Un factor importante que no se ha valorado dentro del alcance del presente proyecto, pero que se tiene en cuenta como futura implementación para el sistema, es el acceso de la propia interfaz a las bases de datos de la residencia de ancianos con el fin de obtener de ella toda la información pertinente necesaria para esta aplicación. Para el desarrollo de este proyecto se decidió que, por el momento, dicha información, relacionada con las actividades, tareas y cumpleaños, no se obtendría directamente de las bases de datos oficiales de la residencia en la que CLARA operaría en un futuro, sino que se elaborarían ficheros de datos manuales con informaciones específicas para la interfaz para probar que el sistema funcionaba y obtenía de forma correcta los datos y así poder cambiar de forma sencilla el medio de extracción de la información cuando llegase el momento.
- Se consideran también como futuras implementaciones tanto la posibilidad de parar la voz del robot en el momento que se desee, aunque se encuentre en mitad de uno de sus pregones, como la sustitución del icono correspondiente al botón de voz por uno más intuitivo y que permita al usuario comprender la funcionalidad de dicho botón de manera fácil. Ambas implementaciones son consideraciones que sugirieron los usuarios que se sometieron a las pruebas reales de evaluación de la interfaz del robot y que deberán ser tenidas en cuenta para el futuro con el fin de seguir perfeccionando la accesibilidad del proyecto y de conseguir que la aplicación sea perfectamente utilizable por cualquier usuario.

- En relación con el acceso de la interfaz a los componentes del robot, también se considera como futura implementación el acceso real del sistema del Pregonero al “mini-mundo” del robot. Debido a que el desarrollo de la interfaz completa ha sido llevado a cabo a través del entorno Qt, no ha sido necesario acceder a la estructura del robot predefinida por la Universidad de Málaga, ya que, dentro de las posibilidades que ofrece Qt se ha encontrado la solución a todas las implementaciones que se querían hacer sobre el proyecto.

Como futura implementación se puede tener en cuenta la posibilidad de mantener la misma estructura y llamadas que utiliza la interfaz web ya creada en el robot y, simplemente, sustituir una interfaz por otra cuando se vayan desarrollando las nuevas interfaces que se espera que se vayan diseñando en los próximos meses.

- Otro aspecto importante a tener en cuenta como trabajo futuro sería poder implementar las sesiones de evaluación de la interfaz en personas mayores. Debido a la situación que atraviesa el país, ha sido difícil evaluar la accesibilidad y usabilidad de la aplicación en personas mayores, pero realmente hubiese sido lo ideal, ya que, la interfaz está pensada para acabar funcionando en una residencia y la opinión que pueda dar una persona con rasgos sensoriales similares a estos usuarios podría ser de gran ayuda a la hora de conocer la eficacia que tendría la aplicación.
- Por último, es lógico que la mayor de las implementaciones que se espera conseguir en el futuro, por ser el objetivo principal del proyecto CLARA, es acabar puliendo y verificando el sistema lo suficiente como para que el robot pueda acabar teniendo una aplicación real en residencias de ancianos.

A fin de cuentas, un proyecto en el que se invierte tanto tiempo y dedicación siempre tiene como principal objetivo acabar siendo útil para el usuario. Han sido muchas las pruebas, los análisis, las modificaciones y las comprobaciones que han acabado determinando lo que es el producto final de este proyecto y han hecho que su accesibilidad y usabilidad sean las óptimas. Debido a la situación actual en la que nos encontramos ha sido difícil lograr que CLARA intervenga de forma real en residencias, pero el tiempo que se tarde en recuperar la normalidad servirá para perfeccionar aún más el sistema para que, llegado el momento, CLARA pueda entrar por la puerta grande al mundo de la robótica asistencial y la colaboración en residencias de ancianos.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Universidad Politécnica de Tulancingo (Varios autores), «¿Qué es la robótica?». [En línea]. Disponible en: <https://www.milenio.com/opinion/varios-autores/universidad-politecnica-de-tulancingo/que-es-la-robotica> . [Accedido: 14-oct-2020].
- [2] J. Arruz, «El Robot de Asistencia a Humanos de Toyota llega por primera vez a España». [En línea]. Disponible en: <https://prensa.toyota.es/el-robot-de-asistencia-a-humanos-de-toyota-llega-por-primera-vez-a-espana/> . [Accedido: 14-oct-2020].
- [3] A. Romero Garcés, R. Marfil, J. Martínez-Cruz, J.P. Bandera-Rubio, A.J. Bandera-Rubio, & R. Garcés, «Towards a Robust Robotic Assistant for Comprehensive Geriatric Assessment Procedures: the CLARC system», en 27th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN'18). China sept. 2018. (pp. 820-825). IEEE. [Accedido: 23-oct-2020].
- [4] World Health Organization, «Informe Mundial sobre el envejecimiento y la salud - Envejecimiento y ciclo de vida | Organización Mundial de la Salud». [En línea]. Disponible en: <https://www.who.int/ageing/publications/world-report-2015/es/> . [Accedido: 2-nov-2020].
- [5] M. Tena, «¿Qué es la Metodología Agile? - Información corporativa». [En línea]. Disponible en: <https://www.bbva.com/es/metodologia-agile-la-revolucion-las-formas-trabajo/> . [Accedido: 19-dic-2020].
- [6] S. Lewis. «Modelo de Cascada - Metodología de desarrollo de software / Programación». [En línea]. Disponible en: <https://searchsoftwarequality.techtarget.com/definition/waterfall-model> . [Accedido: 19-dic-2020].
- [7] A. Pérez. «¿Qué es un diagrama de Gantt y para qué sirve? | OBS Business School». [En línea]. Disponible en: <https://www.obsbusiness.school/blog/que-es-un-diagrama-de-gantt-y-para-que-sirve> . [Accedido: 19-dic-2020].
- [8] J. Delgado. «Project cost management: why is it so important? | ITM Platform». [En línea]. Disponible en: [https://www.itmplatform.com/es/blog/gestion-de-costes-de-proyecto-por-que-es-tan-importante/#:~:text=La%20gesti%C3%B3n%20de%20costes%20\(Project,los%20costes%20de%20un%20proyecto.&text=Por%20tanto%2C%20la%20gesti%C3%B3n%20de,an%C3%A1lisis%20intermedios%20que%20se%20realicen](https://www.itmplatform.com/es/blog/gestion-de-costes-de-proyecto-por-que-es-tan-importante/#:~:text=La%20gesti%C3%B3n%20de%20costes%20(Project,los%20costes%20de%20un%20proyecto.&text=Por%20tanto%2C%20la%20gesti%C3%B3n%20de,an%C3%A1lisis%20intermedios%20que%20se%20realicen) . [Accedido: 21-dic-2020].
- [9] Normativa APA. «¿Qué es el estado del arte? / ¿Qué son las normas APA?». [En línea]. Disponible en: <https://normasapa.net/que-es-el-estado-del-arte/> . [Accedido: 4-nov-2020].
- [10] Futura Vive. «Advanced solutions for advanced needs | Social Robots», *GrupoADD*. [En línea]. Disponible en: <https://futuravive.com/> . [Accedido: 11-oct-2020].

- [11] Grupo ADD. «Robots para residencias de ancianos / Robot Tokyo | GrupoADD - Ayuda en terapias cognitivas». [En línea]. Disponible en: <https://grupoadd.es/robots-para-residencias-de-ancianos> . [Accedido: 11-oct-2020].
- [12] C. Maza. «Robots que ayudan a paliar la soledad en residencias: ¿solución o inmoral?». *Londres: El Confidencial*, 19/09/2020. [En línea]. Disponible en: [https://www.elconfidencial.com/mundo/europa/2020-09-19/robots-para-paliar-la-soledad-en-las-residencias-de-ancianos\\_2751051/](https://www.elconfidencial.com/mundo/europa/2020-09-19/robots-para-paliar-la-soledad-en-las-residencias-de-ancianos_2751051/) . [Accedido: 11-oct-2020].
- [13] A. Satariano, E. Peltier y D. Kostyukov. «Meet Zora, the robot Caregiver in the Jouarre Hospital». *Nueva York: The New York Times*, 30/11/2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.nytimes.com/es/2018/11/30/espanol/zora-robot-ancianos-francia.html> [Accedido: 11-oct-2020].
- [14] TelecomKH. «El Proyecto GiraffPlus: Robots que asisten a ancianos en sus hogares», *Comisión Europea GiraffPlus Horizonte*. [En línea]. Disponible en: [telecomkh.com/es/hogar-digital/productos-y-servicios/comision-europea/giraffplus/horizonte-2020/robots/6249](https://telecomkh.com/es/hogar-digital/productos-y-servicios/comision-europea/giraffplus/horizonte-2020/robots/6249). [Accedido: 11-oct-2020].
- [15] UP Spain. «PLAN DE VIABILIDAD DE UN PROYECTO | Objetivos del Plan de Viabilidad». [En línea]. Disponible en: <https://www.up-spain.com/blog/plan-de-viabilidad-de-un-proyecto/> . [Accedido: 06-dic-2020].
- [16] Helmut Sy Corvo. «Economía / Estudio socioeconómico: para qué sirve, partes y ejemplo». *Lifeder*. [En línea]. Disponible en: <https://www.lifeder.com/estudio-socioeconomico/> . [Accedido: 23-dic-2020].
- [17] Agencias, RTVE. «En 2033 habrá 49 millones de habitantes en España y uno de cada cuatro será mayor de 65 años», *Madrid: RTVE Noticias*, 10/10/2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.rtve.es/noticias/20181010/2033-habra-49-millones-habitantes-espana-uno-cada-4-sera-mayor-65-anos/1816304.shtml> . [Accedido: 07-ene-2021].
- [18] Parlamento Europeo. «Resolución del Parlamento Europeo, de 16 de febrero de 2017, con recomendaciones destinadas a la Comisión sobre normas de Derecho civil sobre robótica» [En línea]. Disponible en: [https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-8-2017-0051\\_ES.html?redirect](https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-8-2017-0051_ES.html?redirect) [Accedido: 19-ene-2021].
- [19] Jefatura del Estado Español. «BOE - Documento BOE-A-1982-11196». [En línea]. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/lo/1982/05/05/1> . [Accedido: 19-ene-2021]
- [20] Parlamento Europeo. «Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la Directiva 95/46/CE (Reglamento general de protección de datos)». *Vol. 119*, 27/04/2016. [En línea]. Disponible en: <http://data.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj/spa>. [Accedido: 19-ene-2021].

- [21] Jefatura del Estado Español. «BOE - Documento BOE-A-2018-16673». [En línea]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2018-16673>. [Accedido: 19-ene-2021].
- [22] IA Control y Robótica. «Arquitectura de un robot | Unidades funcionales de un robot». [En línea]. Disponible en: <https://sites.google.com/site/iacontrolyrobotica/6-robots/6-1-arquitectura-de-un-robot> . [Accedido: 07-nov-2020].
- [23] A. Iglesias y M. Qbilat. «Accessibility Guidelines for Tactile Displays in HumanRobot Interaction», en Computers Helping People with Special Needs, Cham, 2018, pp. 217-220, doi: 10.1007/978-3-319- 94274-2\_29. [Accedido: 18-dic-2020].
- [24] Robot Operating System (ROS) Support Team. «ROS Installation | ROS Tutorials | ROS Distributions & Licenses». [En línea]. Disponible en: <http://wiki.ros.org/es> [Accedido: 11-ene-2021].
- [25] Qt Company&Project. «What is Qt | The Qt company and the Qt Project». [En línea]. Disponible en: [https://wiki.qt.io/About\\_Qt](https://wiki.qt.io/About_Qt) . [Accedido: 02-feb-2021].
- [26] Qt Documentation. «Qt 5.15/Qt Speech/C++ Classes/QTextToSpeech». [En línea]. Disponible en: <https://doc.qt.io/qt-5/qtexttospeech.html> . [Accedido: 13-ene-2021].
- [27] Matas, A. (2018). «Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión». Disponible en: *Revista electrónica de investigación educativa*, 20(1), 38-47. [Accedido: 07-feb-2021].
- [28] InfoGeriatría. «Grupo ADD lanza el primer robot social español». [En línea]. Disponible en: <https://www.infogeriatria.com/noticias/20190924/grupo-add-lanza-primer-robot-social-espanol#.YD4zQmj0nIU> . [Accedido: 23-nov-2020].