**UNIVERSIDAD DE OVIEDO**

|  |  |
| --- | --- |
| Dibujo1PortadaPFC.jpg | Dibujo2PortadaPFC.jpg |

ESCUELA DE INGENIERÍA INFORMÁTICA

**TRABAJO FIN DE GRADO**

Auditoría de seguridad de las tarjetas de transporte de la CTA.

Análisis de vulnerabilidades y alternativas.

**DIRECTORES:**

* **Marco Antonio García Tamargo**
* **Cristian González García**

**AUTOR: Alejandro León Pereira**

**NOTA MUY IMPORTANTE: Esta plantilla es sólo una guía orientativa. Un TFG no tiene por qué tener ni todas sus secciones ni sólo las que aparecen aquí. La plantilla debe ser adaptada a cada TFG (añadiendo secciones, quitando algunas o modificando los contenidos que aparezcan según cada caso particular), y el alumno debe consultar siempre a su director de TFG ante dudas acerca de cualquier tema.**

**Esta versión de la plantilla es idéntica a la versión en color, pero se ha alterado de forma que sus estilos solo usen escalas de grises mediante las herramientas de *Word* 2007 (*Diseño de Página – Colores – Escala de Grises*). Las imágenes han sido tratadas igualmente por herramientas de *Word* 2007 (Botón derecho en *Imagen - Formato de Imagen – Imagen – Cambiar Color – Escala de Grises*).**

**BORRAR ESTAS NOTAS EN LA DOCUMENTACIÓN FINAL**

Agradecimientos

Se agradece a Marco Antonio García Tamargo y a Cristian González García haber hecho posible éste Trabajo de Fin de Grado tutorizándolo y aprobando mi idea.

También se agradece a todas las personas que están detrás de los comandos de Linux que permitieron realizar la auditoría:

* Andrei Costin ([zveriu@gmail.com](mailto:zveriu@gmail.com)) (desarrollador principal del comando mfcuk.
* Todas las personas que han colaborado con el repositorio de GitHub [nfc-tools](https://github.com/nfc-tools/mfoc), en especial las que han colaborado en la librería [libnfc](https://github.com/nfc-tools/libnfc/blob/master/utils/nfc-mfclassic.c), utilizada para llevar a cabo la auditoría.

Resumen

Se ha realizado una auditoría de las tarjetas MIFARE Classic, utilizadas por millones de sistemas a nivel mundial, por ejemplo, de transporte público, gimnasios, oficinas y garajes. Estas tarjetas se basan en el estándar NFC (Near Field Communication).

El objetivo del proyecto es demostrar la vulnerabilidad de las mismas, y proponer alternativas a su uso. Por ejemplo, una posible alternativa al uso de tarjetas MIFARE Classic en autobuses y trenes sería el uso de una aplicación para móviles. En este trabajo se ha desarrollado una aplicación Android que permitiría a los usuarios la compra y manejo de bonos para utilizarlos en el transporte público desde el móvil, sin necesidad de uso de tarjetas.

La aplicación se basa en el estándar Bluetooth Low Energy, una modalidad de Bluetooth más eficiente que el Bluetooth convencional, y que permitiría la comunicación entre los medios de transporte y los usuarios pasajeros.

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Figura Esquema básico del funcionamiento de la aplicación

Palabras Clave

Palabra1, Palabra2, Palabra3,…

De 5 a 7 palabras[[1]](#footnote-1) clave que mencionen conceptos de capital importancia en el proyecto: Cosas que el proyecto manipula (Ej.: “Máquinas Expendedoras”, “Automóviles”), tecnologías usadas (Ej.: J2EE, RMI), utilidad del proyecto (Ej.: Gestión de Existencias), temática (Ej.: Historia Medieval, Aeronáutica) y cosas similares.

Si finalmente saliesen demasiados términos, conviene hacer una selección de los más relevantes para quedarse con el número indicado.

*Abstract*

Traducción al inglés del resumen anterior. Conviene hacerlo una vez se tenga la versión definitiva de dicho resumen. Se recomienda consultar al director del proyecto acerca de si considera adecuado que aparezca esta sección.

*Keywords*

Ídem a la sección anterior. Se recomienda consultar al director del proyecto acerca de si considera adecuado que aparezca esta sección.

Índice General

NOTA: No debemos olvidarnos de generarlo cuando se cierre la documentación, puesto que en caso contrario pueden quedar referencias mal actualizadas o texto erróneo (tanto éste como el de figuras). **BORRAR ESTA NOTA EN LA DOCUMENTACIÓN FINAL**.

[Capítulo 1. Memoria del Proyecto 19](#_Toc249788093)

[1.1 Resumen de la Motivación, Objetivos y Alcance del Proyecto 19](#_Toc249788094)

[1.2 Resumen de Todos los Aspectos 20](#_Toc249788095)

[1.3 Otros Apartados 21](#_Toc249788096)

[Capítulo 2. Introducción 23](#_Toc249788097)

[2.1 Justificación del Proyecto 23](#_Toc249788098)

[2.2 Objetivos del Proyecto 24](#_Toc249788099)

[2.3 Estudio de la Situación Actual 25](#_Toc249788100)

[2.3.1 Evaluación de Alternativas 25](#_Toc249788101)

[Capítulo 3. Aspectos Teóricos 27](#_Toc249788102)

[3.1 Concepto 1 27](#_Toc249788103)

[3.2 Concepto 2 28](#_Toc249788104)

[Capítulo 4. Planificación del Proyecto y Resumen de Presupuestos 29](#_Toc249788105)

[4.1 Planificación 29](#_Toc249788106)

[4.2 Resumen del Presupuesto 31](#_Toc249788107)

[Capítulo 5. Análisis 33](#_Toc249788108)

[5.1 Definición del Sistema 33](#_Toc249788109)

[5.1.1 Determinación del Alcance del Sistema 33](#_Toc249788110)

[5.2 Requisitos del Sistema 34](#_Toc249788111)

[5.2.1 Obtención de los Requisitos del Sistema 34](#_Toc249788112)

[5.2.2 Identificación de Actores del Sistema 35](#_Toc249788113)

[5.2.3 Especificación de Casos de Uso 35](#_Toc249788114)

[5.3 Identificación de los Subsistemas en la Fase de Análisis 38](#_Toc249788115)

[5.3.1 Descripción de los Subsistemas 38](#_Toc249788116)

[5.3.2 Descripción de los Interfaces entre Subsistemas 38](#_Toc249788117)

[5.4 Diagrama de Clases Preliminar del Análisis 39](#_Toc249788118)

[5.4.1 Diagrama de Clases 39](#_Toc249788119)

[5.4.2 Descripción de las Clases 39](#_Toc249788120)

[5.5 Análisis de Casos de Uso y Escenarios 41](#_Toc249788121)

[5.5.1 Caso de Uso 1 43](#_Toc249788122)

[5.5.2 Caso de Uso 2 44](#_Toc249788123)

[5.6 Análisis de Interfaces de Usuario 48](#_Toc249788124)

[5.6.1 Descripción de la Interfaz 48](#_Toc249788125)

[5.6.2 Descripción del Comportamiento de la Interfaz 49](#_Toc249788126)

[5.6.3 Diagrama de Navegabilidad 49](#_Toc249788127)

[5.7 Especificación del Plan de Pruebas 50](#_Toc249788128)

[Capítulo 6. Diseño del Sistema 53](#_Toc249788129)

[6.1 Arquitectura del Sistema 53](#_Toc249788130)

[6.1.1 Diagramas de Paquetes 53](#_Toc249788131)

[6.1.2 Diagramas de Componentes 53](#_Toc249788132)

[6.1.3 Diagramas de Despliegue 54](#_Toc249788133)

[6.2 Diseño de Clases 56](#_Toc249788134)

[6.2.1 Diagrama de Clases 56](#_Toc249788135)

[6.3 Diagramas de Interacción y Estados 57](#_Toc249788136)

[6.3.1 Caso de Uso 1.1 57](#_Toc249788137)

[6.3.2 Caso de Uso 1.2 58](#_Toc249788138)

[6.4 Diagramas de Actividades 59](#_Toc249788139)

[6.5 Diseño de la Base de Datos 60](#_Toc249788140)

[6.5.1 Descripción del SGBD Usado 60](#_Toc249788141)

[6.5.2 Integración del SGBD en Nuestro Sistema 60](#_Toc249788142)

[6.5.3 Diagrama E-R 60](#_Toc249788143)

[6.6 Diseño de la Interfaz 61](#_Toc249788144)

[6.7 Especificación Técnica del Plan de Pruebas 62](#_Toc249788145)

[6.7.1 Pruebas Unitarias 62](#_Toc249788146)

[6.7.2 Pruebas de Integración y del Sistema 62](#_Toc249788147)

[6.7.3 Pruebas de Usabilidad y Accesibilidad 63](#_Toc249788148)

[6.7.4 Pruebas de Rendimiento 66](#_Toc249788149)

[Capítulo 7. Implementación del Sistema 69](#_Toc249788150)

[7.1 Estándares y Normas Seguidos 69](#_Toc249788151)

[7.2 Lenguajes de Programación 70](#_Toc249788152)

[7.3 Herramientas y Programas Usados para el Desarrollo 71](#_Toc249788153)

[7.3.1 Programa 1 71](#_Toc249788154)

[7.3.2 Programa 2 71](#_Toc249788155)

[7.4 Creación del Sistema 72](#_Toc249788156)

[7.4.1 Problemas Encontrados 72](#_Toc249788157)

[7.4.2 Descripción Detallada de las Clases 72](#_Toc249788158)

[Capítulo 8. Desarrollo de las Pruebas 75](#_Toc249788159)

[8.1 Pruebas Unitarias 75](#_Toc249788160)

[8.2 Pruebas de Integración y del Sistema 76](#_Toc249788161)

[8.3 Pruebas de Usabilidad y Accesibilidad 77](#_Toc249788162)

[8.3.1 Pruebas de Usabilidad 77](#_Toc249788163)

[8.3.2 Pruebas de Accesibilidad 81](#_Toc249788164)

[8.4 Pruebas de Rendimiento 93](#_Toc249788165)

[Capítulo 9. Manuales del Sistema 95](#_Toc249788166)

[9.1 Manual de Instalación 95](#_Toc249788167)

[9.2 Manual de Ejecución 96](#_Toc249788168)

[9.3 Manual de Usuario 97](#_Toc249788169)

[9.4 Manual del Programador 98](#_Toc249788170)

[Capítulo 10. Conclusiones y Ampliaciones 99](#_Toc249788171)

[10.1 Conclusiones 99](#_Toc249788172)

[10.2 Ampliaciones 99](#_Toc249788173)

[Capítulo 11. Presupuesto 101](#_Toc249788174)

[11.1 Desarrollo de Presupuesto Detallado (Opción 1) (Recomendado) 101](#_Toc249788175)

[11.2 Desarrollo de Presupuesto Simplificado (Opción 2) 103](#_Toc249788176)

[Capítulo 12. Referencias Bibliográficas 105](#_Toc249788177)

[12.1 Libros y Artículos 105](#_Toc249788178)

[12.2 Referencias en Internet 106](#_Toc249788179)

[Capítulo 13. Apéndices 107](#_Toc249788180)

[13.1 Glosario y Diccionario de Datos 107](#_Toc249788181)

[13.2 Contenido Entregado en el CD-ROM 108](#_Toc249788182)

[13.2.1 Contenidos 108](#_Toc249788183)

[13.2.2 Código Ejecutable e Instalación 110](#_Toc249788184)

[13.2.3 Ficheros de Configuración 110](#_Toc249788185)

[13.3 Índice Alfabético 111](#_Toc249788186)

[13.4 Código Fuente 112](#_Toc249788187)

[13.4.1 Paquete Ejemplo 1: 112](#_Toc249788188)

Índice de Figuras

[Figura 1.1. Ejemplo 23](#_Toc249020090)

[Figura 4.1. Ejemplo de diagrama de Gantt 29](#_Toc249020091)

[Figura 4.2. Ejemplo de cronograma 30](#_Toc249020092)

[Figura 5.1. Ejemplo de caso de uso 1 36](#_Toc249020093)

[Figura 5.2. Ejemplo de caso de uso 2 36](#_Toc249020094)

[Figura 5.3. Diagrama de clases de ejemplo 39](#_Toc249020095)

[Figura 5.4. Descripción de las actividades de un escenario con un diagrama de robustez (I) 43](#_Toc249020096)

[Figura 5.5. Descripción de las actividades de un escenario con un diagrama de robustez (II) 44](#_Toc249020097)

[Figura 5.6. Boceto de una interfaz 48](#_Toc249020098)

[Figura 6.1. Ejemplo simple de arquitectura del sistema 54](#_Toc249020099)

Índice figuras

[Figura 1 Esquema básico del funcionamiento de la aplicación 5](#_Toc85976454)

# Memoria del Proyecto

## Resumen de la Motivación, Objetivos y Alcance del Proyecto

La principal motivación del proyecto es proveer una posible alternativa al sistema actual de tarjetas existente en el transporte público.

El objetivo es desarrollar una aplicación que permita mostrar que es posible la comunicación entre un autobús o un tren y un dispositivo Android común del pasajero.

El sistema se basarla en dos aplicaciones para Android. Una irá instalada en el dispositivo Android del Autobús o Tren, y otra irá instalada en el dispositivo Android del pasajero.

## Resumen de Todos los Aspectos

Un resumen global de la aplicación se podría describir de la siguiente manera.

El proyecto consta de dos aplicaciones para Android. Una irá instalada en los dispositivos Android que habrá que instalar en los autobuses y trenes, y otra irá instalada en los dispositivos Android de los usuarios.

Ambas aplicaciones están conectadas a una base de datos en la nube, proporcionada por Google Firebase.

La aplicación de los vehículos (autobuses y trenes) se llama VehicleApp. Deja seleccionar al usuario (que será el conductor o responsable del bus o tren) el número de zonas del bus o tren, y su nombre (por ejemplo, “Autobús L5”, o “Tren C3 Gijón-Avilés”. Cuando la aplicación está ejecutándose, tiene el bluetooth funcionando y hace el dispositivo visible.

La aplicación de los pasajeros se llama PassengerApp y es una aplicación que permite a los usuarios registrarse e identificarse, comprar bonos, ver los bonos que hay comprados, e gastar bonos en buses o trenes. Para gastar un bono, la aplicación deja seleccionar en qué autobús o tren quiere el usuario gastar el bono. Los buses o trenes que el usuario tiene disponibles para gastar el bono son los que se detectan por bluetooth, que tendrán el nombre y número de zonas que haya introducido el conductor en VehicleApp.

Una vez el usuario consume un bono se actualiza la base de datos, y la pantalla del usuario se actualiza de manera que pueda demostrar al revisor que ha comprado el bono.

## Otros Apartados

Otros apartados que el alumno o el director del proyecto consideren relevantes.

# Introducción

## Justificación del Proyecto

Actualmente, y como se ha demostrado en la auditoría realizada en este Trabajo de Fin de Grado, las tarjetas utilizadas por la mayoría de las compañías de transporte público, garajes y oficinas de todo el mundo (tarjetas Mifare Classic) son vulnerables, pudiendo ser modificadas fácilmente por personas con el material y los conocimientos necesarios.

Estas vulnerabilidades podrían traer pérdidas a las compañías mencionadas anteriormente, por lo que el estudio de alternativas es necesario. En este proyecto se propone la alternativa de una aplicación para móviles que permita a los usuarios comprar sus bonos, administrarlos, y usarlos en autobuses o trenes compatibles con el sistema.

## Objetivos del Proyecto

El proyecto tiene como objetivos los siguientes:

1. Demostrar que es posible llevar a cabo la compra y uso de bonos de transporte público sin necesidad de utilizar tecnologías vulnerables.
2. Demostrar que el manejo de los bonos de transporte público por parte tanto de los usuarios como de los trabajadores del sector puede ser llevado a cabo de manera simple e intuitiva.
3. Concienciar a las personas/empresas/entidades de las consecuencias que podría traer una vulnerabilidad en su sistema.

## Estudio de la Situación Actual

Actualmente, al menos en España, no existen aplicaciones que permitan prescindir totalmente de tarjetas de transporte público. Lo que si existen son aplicaciones que permiten visualizar fácilmente las diferentes líneas de autobuses y trenes, pero no una aplicación que permita hacer uso de bonos directamente desde el móvil.

Utilizando las aplicaciones que ya hay para ver las diferentes líneas (como Google Maps) y la aplicación de este Trabajo de Fin de grado, es posible prescindir totalmente del uso de tecnologías vulnerables como las tarjetas Mifare Classic.

### Evaluación de Alternativas

En esta sección se describirán, una por una, todas las alternativas estudiadas. Conviene estudiar 3 o 4 alternativas importantes, salvo que por algún motivo justificado se deba incluir un número menor o mayor de las mismas. En todo caso, siempre es conveniente cuidar de que en esta sección haya un conjunto de sistemas significativo. En función de lo dicho anteriormente, cada sistema podrá dividirse en tres secciones: “Descripción”, “Ventajas” e “Inconvenientes”, aunque es posible cualquier otra división que contenga los aspectos descritos, dependiendo de qué tipo de sistemas se estudien.

El proyecto a desarrollar consta de dos aplicaciones, una para ir instalada en un dispositivo Android que irá en el autobús o tren, y otra para ir instalada en los dispositivos Android de los pasajeros. Las dos aplicaciones se comunicarán entre sí para llevar a cabo el uso de bonos.

Dicho eso, la decisión más importante es decidir qué tecnología utilizar para la comunicación entre el vehículo y el pasajero. Se han barajado las siguientes alternativas

#### NFC

NFC o Near Field Communication es la principal alternativa que se ha barajado para el proyecto. A priori es lo que más sentido tiene ya que es la tecnología que utiliza ahora mismo el sistema de transporte público, no obstante, tiene demasiados contras comparada con el resto de alternativas.

##### Pros

La principal y única ventaja del NFC es que, al ser la tecnología actual, el sistema podría seguir teniendo los mismos lectores de tarjetas en los buses y trenes. No obstante, la razón de la existencia de la aplicación que se ha desarrollado es hacer frente a las vulnerabilidades de ésta tecnología, y es por eso que de seguir usando la misma tecnología todo esto no habría valido para nada pues se podrían seguir explotando vulnerabilidades en el sistema debido a la poca seguridad del estándar NFC.

##### Contras

Como ya se ha mencionado anteriormente, uno de los principales contras del NFC es la seguridad, no obstante, ese no es el único contratiempo a la hora de desarrollar aplicaciones con NFC. Se suman los siguientes contras:

* En los dispositivos Android, android beam se reemplaza en 2018 por nearby share, haciendo que el desarrollo de la aplicación sea, no solo más costoso debido a que la tecnología nearby share es nueva y data de poca información y documentación en internet, sino que aparte, todos los dispositivos anteriores a 2018 serían incompatible, dejando a una mayor parte de los pasajeros sin posibilidad de instalar la aplicación.

Se podría desarrollar una aplicación que funcione en los dos estándares (tanto en Android beam como en Nearby Share), pero el coste de producción de la misma estaría fuera del alcance del presupuesto del proyecto.

* Problemas de incompatibilidad entre el lector del vehículo y el móvil del usuario, pues si el lector del vehículo es Android, no será compatible con dispositivos iOS (iPhone) con NFC, pues el NFC de Android y el de iPhone no son compatibles. Asimismo, si el lector del vehículo es iOS, no será compatible con dispositivos Android.
* Actualmente la tecnología NFC no suele venir implantada en los móviles del mercado, solamente modelos concretos traen NFC, por lo que la aplicación solo podría ser instalada por una minoría de los usuarios.

#### Bluetooth

La segunda opción sería utilizar Bluetooth, en lugar de NFC.

##### Pros

Los pros de utilizar la tecnología bluetooth vienen dados por la compatibilidad, ya que el bluetooth es una tecnología madura, e implantada en todos los móviles. A su vez, hay mucha documentación y ejemplos en internet para desarrollar aplicaciones basadas en bluetooth, por lo que el presupuesto del desarrollo se reduce enormemente.

* Todos los móviles tienen Bluetooth, por lo que si le sumamos que la aplicación está desarrollada permitiendo la compatibilidad con dispositivos Android con una versión de API 23 o superior, como se muestra en la siguiente imagen: Interfaz de usuario gráfica, Texto

  Descripción generada automáticamente

Figura minSdkVersion del proyecto

Observamos que obtenemos un índice de compatibilidad con 84.9% de todos los dispositivos Android del mundo: Tabla

Descripción generada automáticamente

Figura índice de compatibilidad de las diferentes versiones de Android

* Actualmente la aplicación está desarrollada en Android, pero si en un futuro se desarrollara una aplicación en iOS (iPhone), se podría comunicar por bluetooth con los dispositivos Android de los vehículos sin problemas de compatibilidad.
* El estándar Bluetooth es más seguro que el NFC, en relación con la facilidad con la que se puede manipular una conexión con fines malignos.

##### Contras

Al cambiar la tecnología NFC por la tecnología Bluetooth, habría que sustituir los lectores NFC actuales de los vehículos (autobuses/trenes) por dispositivos Android, lo cual aumentaría notablemente el presupuesto del proyecto. No obstante, merece la pena debido a que la seguridad ayudará a compensar las pérdidas generadas por posibles mafias dedicadas a crear clones de tarjetas fraudulentas. Al final, el gasto en seguridad será una inversión que merecerá la pena.

Cabe decir que en el mundillo de la seguridad siempre se habla de dificultad a la hora de hackear, y no de si un sistema es hackeable o no. Todos los sistemas del mundo son hackeables, la diferencia es que unos son más difíciles de hackear que otros.

El bluetooth, al igual que el NFC es vulnerable, lo que pasa es que es inmensamente más difícil de vulnerar.

# Aspectos Teóricos

Esta sección está destinada a describir brevemente aquellos conceptos, herramientas y tecnologías existentes que vamos a usar en nuestro proyecto. Conviene limitarse a un máximo de 2 hojas por cada uno de ellos aproximadamente (es una descripción, no un tutorial sobre ello), describiendo por qué y para qué usamos esto en nuestro proyecto, pero sin hacer descripciones muy grandes de características y similares (para ello podemos referenciar enlaces Web, libros, etc. que las describan más detalladamente, que posteriormente podemos incluir en la bibliografía):

* En el caso de conceptos sobre los que trata el proyecto, debemos decir su origen, aplicación e importancia, para tener una idea de lo que se va a tratar. A modo de ejemplo, si usamos bases de datos orientadas a objetos debemos decir que son, que importancia tienen y describir brevemente su forma de trabajo. Si nuestro proyecto es sobre emisión de video en directo, debemos describir la técnica usada para ello y cómo funciona, etc.
* En el caso de tecnologías debemos decir su creador u origen, para lo que sirve y que aplicaciones ha tenido, para qué la vamos a usar, la versión que hemos empleado, etc.
* En el caso de herramientas debemos decir su fabricante y la utilidad que le vamos a dar dentro de nuestro proyecto.
* Dentro de este apartado también podemos incluir las notaciones empleadas para representar los diagramas del proyecto (como UML) o la metodología usada para el desarrollo de la documentación (como Métrica 3). Este documento está desarrollado usando la metodología Métrica 3, pero de forma adaptada, contemplando solo aquellos apartados que se han considerado más adecuados para un proyecto de fin de carrera. No obstante, conviene hacer una reseña a esta metodología si se usa esta plantilla.

Por último, debemos recordar describir de esta forma todo aquello que usemos en el proyecto y dar especial importancia a todo aquello que sea “novedoso”.

## Concepto 1

Definición

## Concepto 2

Definición

# Planificación del Proyecto y Resumen de Presupuestos

Para una mejor organización de la documentación se han adjuntado tanto el presupuesto como su explicación en anexos a parte. En la carpeta Archivos adjuntos se encuentran:

* Planificación explicación.pptx: Un archivo Power Point en el que se explica todo el proceso seguido a la hora de planificar el proyecto.
* Planificación.mpp: Archivo Microsoft Project en el que se encuentra la planificación del proyecto, junto con su diagrama de Gantt:

Una captura de pantalla de una computadora

Descripción generada automáticamente

Figura 4 Captura de pantalla de el archivo Planificación.mpp abierto con Microsoft Project

# Análisis

Este apartado contendrá toda la especificación de requisitos y toda la documentación del análisis de la aplicación, a partir de la cual se elaborará posteriormente el diseño.

## Definición del Sistema

### Determinación del Alcance del Sistema

La aplicación desarrollada no es más que una prueba de concepto para demostrar que el uso de bonos de transporte público en autobuses y trenes es posible sustituyendo las tarjetas vulnerables por una aplicación móvil.

En ningún caso la aplicación desarrollada está completamente lista para un despliegue real en trenes y autobuses, pues eso implicaría una labor mucho más compleja que la que se ha realizado en este Trabajo de Fin de Grado.

La aplicación desarrollada, permite a un usuario registrado “comprar” bonos, y administrarlos, pero esto no se hace por medio de una pasarela de pago real como se especifica en el apartado de [Ampliaciones](#_Ampliaciones) de este documento, si no que no es más que una simulación de lo que el usuario tendría que hacer para comprar un bono. No obstante, la aplicación permite iniciar sesión con correo electrónico o contraseña, así como cuenta de Google, y la contraseña estará cifrada para que posibles atacantes no puedan obtenerla. El cifrado de la contraseña lo lleva a cabo la base de datos de Google: Firebase de manera transparente, automáticamente.

No es el objetivo de este proyecto construir una aplicación de pagos, pues se conoce que eso es posible y se puede hacer, y de hecho hay muchas aplicaciones para móviles desde las cuales se pueden hacer pagos. El objetivo del proyecto es demostrar que es posible la comunicación por medio de Bluetooth entre un dispositivo emisor (el dispositivo Android del vehículo) y no uno, sino varios dispositivos receptores (los móviles de los pasajeros).

La dificultad del proyecto no es comunicar dos móviles entre sí por bluetooth, pues se conoce que eso es posible y de hecho hay muchos ejemplos en internet, sino comunicar un dispositivo bluetooth con varios al mismo tiempo, de manera segura y sin interferencias entre ellos.

## Requisitos del Sistema

### Obtención de los Requisitos del Sistema

La siguiente tabla muestra una lista de los requisitos que el sistema debe cumplir para satisfacer las necesidades del cliente.

|  |  |
| --- | --- |
| **Código** | **Descripción del Requisito** |
| RAuth1 | Se debe poder añadir un usuario al sistema una vez leídos y validados sus datos. |
| RAuth1.1 | La autenticación podrá ser llevada a cabo por email o por cuenta de Google. |
| RAuth1.1.1 | En el caso de la autenticación por email, el sistema verificará que el email es el del usuario mediante un correo de verificación. |
| RAuth1.1.2 | En el caso de la autenticación por Google, el sistema verificará que el usuario existe consultando a los servicios de Google. |
| RAuth1.2 | Los datos del usuario referidos en RAuth1 serán validados de acuerdo a unos estándares definidos por el administrador del sistema. |
|  |  |
| RAuth1.3 | Si los datos referidos en RAuth1 cumplen la validación realizada en RAuth1.2, el sistema ingresará en la base de datos dichos datos. |
| RAuth1.3.1 | Si la operación de escritura o actualización en base de datos no resultó exitosa se le mostrará al usuario un error y se le preguntará si desea intentar validarse de nuevo. |
| RAuth1.3.2 | Si la operación de escritura o actualización en base de datos resultó exitosa, el usuario pasará a estar registrado en el sistema, y podrá iniciar sesión posteriormente (RAuth2). |
|  |  |
| RAuth2 | Una vez añadido un usuario en RAuth1, dicho usuario debe poder iniciar sesión en el sistema |
| RAuth2.1 | Si el usuario referido en RAuth2 existe y la contraseña es correcta y corresponde a dicho usuario, el usuario pasará a estar autenticado. |
|  |  |
| RBonos1 | Los usuarios autenticados en RAuth2.1 podrán comprar bonos de transporte público |
| RBonos1.1 | Los bonos referidos en RBonos1 podrán ser de varios números de zonas, modificables por el administrador, e inicialmente serán de 1 zona hasta 7 zonas. |
| RBonos1.2 | Los bonos referidos en RBonos1 se podrán comprar en packs de un número de bonos, modificable por el administrador, e inicialmente serán packs de 10, hasta un máximo de 50. |
| RBonos1.3 | Una vez el usuario compre los bonos, dicha compra quedará registrada en la base de datos, para que posteriormente el usuario disponga de los bonos para consultarlos (RBonos2) y utilizarlos (RBonos3) |
| RBonos1.3.1 | Si la base de datos no actualiza los datos exitosamente, se tomarán las acciones descritas en RAuth1.3.1 |
| Rbonos1.3.2 | Si la base de datos actualiza los campos correctamente se le notificará al usuario de que pasará a tener disponibles los bonos. |
|  |  |
| RBonos2 | Los usuarios autenticados en RAuth2.1 podrán consultar los bonos que han comprado en RBonos1. |
|  |  |
| RBonos3 | Los usuarios autenticados en RAuth2.1 podrán utilizar los bonos disponibles en RBonos2 en los autobuses y trenes que estén lo suficientemente cercanos como para ser detectados por bluetooth. |
| RBonos3.1 | El sistema mostrará al usuario una lista de autobuses o trenes en los que podrá gastar sus bonos. |
| RBonos3.2 | Una vez utilizado un bono, el sistema mostrará al usuario la siguiente información: |
| RBonos3.2.1 | Nombre del autobús o tren en el que se ha utilizado el bono. |
| RBonos3.2.2 | Fecha y hora a la que ha sido utilizado dicho bono. |
| RBonos3.3 | El bono tendrá validez y el usuario podrá viajar en el autobús o tren hasta el momento en el que se aleje lo suficiente como para que el autobús o tren pierdan la conexión con el dispositivo del usuario. |
| RBonos3.4 | Una vez utilizado un bono la base de datos se actualizará restándole un bono. |
| RBonos3.4.1 | En caso de error de la base de datos se llevarán a cabo las acciones descritas en RAuth1.3.1 |
| RBonos3.4.2 | En caso de que la base de datos actualice los campos correctamente se llevarán a cabo las acciones descritas en RBonos3.2 |

Esta tabla se utiliza para mostrar todos los **requisitos funcionales** (lo que la aplicación debe hacer), mientras que los **requisitos no funcionales**, son los siguientes:

* **Requisitos de Usuario**: El usuario deberá estar registrado en algún proveedor de correo electrónico para poder utilizar la aplicación.
* **Requisitos Tecnológicos**: El sistema solo podrá funcionar en dispositivos Android en una versión Android 6 Marshmallow o superior. Asimismo, necesitará tener la ubicación del dispositivo activada y con permisos (que solicitará al usuario) así como el bluetooth.
* **Requisitos de Usabilidad**: La aplicación debe estar internacionalizada al menos en inglés y español, y debe poder ser utilizada tanto en un tema oscuro como en un tema claro, para que los usuarios con problemas de visión puedan utilizarla más fácilmente. Tanto el idioma como el tema serán escogidos por la aplicación automáticamente sin necesidad de acción del usuario, utilizando como referencia los ajustes actuales del sistema operativo del usuario.
* **Requisitos de Seguridad**: Los datos personales de los usuarios (email y contraseña) deberán estar cifrados para que no puedan ser descubiertos por atacantes, ya que si el usuario utiliza la misma contraseña en nuestro sistema que en la cuenta bancaria, por ejemplo, una vulnerabilidad en el cifrado de las contraseñas de nuestro sistema podría permitir que un atacante obtenga acceso a la cuenta bancaria del usuario. Por ello tanto el email como la contraseña deben de ser seguros.
* **Requisitos de Tiempo de Respuesta**: El sistema debe poder terminar las operaciones con la base de datos un 99% de las veces entre 0 y 10 segundos. Asimismo, deberá poder establecer conexiones bluetooth entre dispositivos el 99% de las veces entre 0 y 20 segundos.

### Identificación de Actores del Sistema

Como ya se ha mencionado, el proyecto consta de dos aplicaciones, la aplicación que irá instalada en los dispositivos Android de los vehículos (autobuses y trenes), y la que irá instalada en los dispositivos Android de los pasajeros. No obstante, ambos comparten la misma base de datos. Dicho lo cual, los actores del sistema son los siguientes:

* Usuario pasajero no identificado
* Usuario pasajero identificado
* Usuario de vehículo (autobús o tren) no identificado
* Usuario de vehículo (autobús o tren) identificado
* Administradores de la base de datos.

### Especificación de Casos de Uso

El diagrama de casos de uso del sistema es el siguiente:

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Figura Diagrama de casos de uso del sistema

A continuación se detalla una descripción de cada caso de uso

|  |
| --- |
| **Nombre del Caso de Uso** |
| Registrarse |
| **Descripción** | |
| Tanto un usuario de VehicleApp como de PassengerApp puede registrarse usando bien su email y una contraseña, o bien utilizando su cuenta de Google. Una vez registrado se le creará un registro para él en la base de datos y podrá iniciar sesión posteriormente. | |

|  |
| --- |
| **Nombre del Caso de Uso** |
| Iniciar sesión |
| **Descripción** | |
| Tanto un usuario de VehicleApp como de PassengerApp puede iniciar sesión en la aplicación. Si se ha registrado utilizando correo electrónico y contraseña deberá iniciar sesión utilizando ese método, y si se ha registrado utilizando su cuenta de Google deberá iniciar sesión con ella. | |

|  |
| --- |
| **Nombre del Caso de Uso** |
| Establecer nombre del vehículo |
| **Descripción** | |
| Un usuario de VehicleApp registrado podrá cambiar el nombre del vehículo que esté conduciendo. El nombre influirá en cómo se mostrará a los pasajeros cuando detecten el vehículo por bluetooth. | |

|  |
| --- |
| **Nombre del Caso de Uso** |
| Establecer matrícula del vehículo |
| **Descripción** | |
| Un usuario de VehicleApp registrado podrá cambiar la matrícula del vehículo que esté conduciendo. La matrícula no influirá en cómo se mostrará a los pasajeros cuando detecten el vehículo por bluetooth, pero se registra por motivos de control desde el administrador de la base de datos. | |

|  |
| --- |
| **Nombre del Caso de Uso** |
| Establecer número de zonas del vehículo |
| **Descripción** | |
| Un usuario de VehicleApp registrado podrá cambiar el número de zonas del vehículo que esté conduciendo. El número de zonas influirá en cómo se mostrará a los pasajeros cuando detecten el vehículo por bluetooth, así como en el tipo de bono que se le restará al usuario cuando suba al autobús o tren. Por ejemplo, si el vehículo es de 2 zonas, se le restará al usuario uno de los bonos de 2 zonas que tenga comprados. | |

|  |
| --- |
| **Nombre del Caso de Uso** |
| Comprar bonos |
| **Descripción** | |
| Un usuario de PassengerApp registrado podrá comprar bonos. Podrá comprarlos en packs de 10 (hasta llegar a 50) y de un número de zonas desde 1 zona hasta 7 zonas. Tanto los números de zonas como la cantidad de los packs y el límite podrá ser modificado por el administrador. | |

|  |
| --- |
| **Nombre del Caso de Uso** |
| Ver bonos comprados |
| **Descripción** | |
| Un usuario de PassengerApp registrado podrá ver qué bonos tiene comprados. | |

|  |
| --- |
| **Nombre del Caso de Uso** |
| Utilizar bonos |
| **Descripción** | |
| Un usuario de PassengerApp registrado podrá utilizar los bonos que tenga comprados en los vehículos que estén lo suficientemente cerca como para ser detectados por bluetooth. Solo podrá utilizar bonos en vehículos de su mismo número de zonas, por ejemplo, no podrá subir en un autobús de 2 zonas si solo tiene bonos de 1 zona. | |

|  |
| --- |
| **Nombre del Caso de Uso** |
| Cerrar sesión |
| **Descripción** | |
| Cualquier usuario tanto de PassengerApp como de VehicleApp podrá cerrar sesión. Una vez cerrada la sesión, si quiere volver a utilizar la aplicación deberá volver a autenticarse ya sea con esa o con otra cuenta. | |

## Identificación de los Subsistemas en la Fase de Análisis

El objetivo de esta sección es analizar el sistema para poder descomponerlo en sistemas más pequeños (subsistemas) que faciliten su posterior análisis.

### Descripción de los Subsistemas

En esta sección debemos enumerar todos los subsistemas que identifiquemos inicialmente en la aplicación. Los subsistemas son agrupaciones de paquetes y clases que tienen un objetivo propósito común. Ejemplos de subsistemas pueden ser todas las clases que manejen la base de datos (subsistema “base de datos”), clases que agrupen un conjunto de servicios relacionados, clases del cliente de esos servicios, etc.

### Descripción de los Interfaces entre Subsistemas

Una vez identificados los subsistemas, debemos también describir cómo será la comunicación entre los mismos. Ejemplos de ello son por ejemplo el uso de un protocolo (IP, SOAP) o una API o Interfaz de operaciones. En general conviene destacar si estos subsistemas se comunicarán localmente (dentro de la propia máquina) o por red.

## Diagrama de Clases Preliminar del Análisis

En la fase de análisis podemos identificar ya posibles clases del sistema, a partir de los casos de uso y subsistemas ya vistos. Estas clases no tienen por qué ser definitivas ni contener todas las operaciones y atributos que finalmente tendrán (sólo los que sean obvios según los requisitos y casos de uso), pero sirven como punto de partida para el esquema completo que se desarrollará en la fase de diseño. Por ello, estas clases no deben tener nombres de operaciones con sus parámetros exactos, sino más bien una indicación de lo que deben hacer esas operaciones. Por ejemplo, en lugar de “insertarUsuario(Usuario:u)” es mejor poner simplemente “insertar usuario”. La descripción de las clases se hará agrupándolas por el subsistema al que pertenecen.

### Diagrama de Clases

Previamente a describir las clases una por una, debemos incluir **un diagrama de clases global que muestre la relación entre todas ellas**. Se recuerda que esta es sólo la fase de análisis y no es necesario lograr un nivel de profundidad de detalle muy elevado, sino que lo que se busca es una idea aproximada (pero precisa) de cómo va a ser el sistema a construir. En este diagrama también pueden aparecer los subsistemas identificados anteriormente. A continuación se muestra un ejemplo:



Figura 5.3. Diagrama de clases de ejemplo

### Descripción de las Clases

Las clases deberían estar organizadas por los subsistemas identificados en anteriormente, rellenando una tabla como la siguiente por cada clase del mismo:

#### Subsistema 1

|  |
| --- |
| **Nombre de la Clase** |
|  |
| Descripción | |
|  | |
| Responsabilidades | |
|  | |
| Atributos Propuestos | |
| **NombreAtributo**: Descripción de su propósito  **NombreAtributo2**: Descripción de su propósito | |
| Métodos Propuestos | |
| **NombreMétodo**: Descripción de lo que hace  **NombreMetodo2**: Descripción de lo que hace | |

#### Subsistema 2

|  |
| --- |
| **Nombre de la Clase** |
|  |
| Descripción | |
|  | |
| Responsabilidades | |
|  | |
| Atributos Propuestos | |
| **NombreAtributo**: Descripción de su propósito  **NombreAtributo2**: Descripción de su propósito | |
| Métodos Propuestos | |
| **NombreMétodo**: Descripción de lo que hace  **NombreMetodo2**: Descripción de lo que hace | |

## Análisis de Casos de Uso y Escenarios

En esta sección se describirán los casos de uso identificados anteriormente de forma detallada, a través de sus escenarios. Los escenarios describen las interacciones entre los usuarios y el sistema e incluyen información acerca de los objetivos, expectativas, motivaciones, acciones y reacciones que se llevan a cabo. Los escenarios deben reflejar la forma en la que un sistema se comporta y se suelen describir en lenguaje coloquial, intentando no recurrir excesivamente a tecnicismos para poder ser entendidos por el usuario final. La intención de los mismos es definir el comportamiento deseado del *software* de manera que complementen a los requisitos funcionales antes descritos. Si se está usando una metodología de desarrollo ágil, los escenarios se detallan como acciones breves del usuario.

Es también frecuente incluir escenarios que describan acciones erróneas o equivocadas que el programa debe tener en cuenta, para asegurar un comportamiento adecuado y seguro en todos los posibles casos. A la hora de incluir estos escenarios en la descripción de un sistema se deben tener en cuenta aquellos casos en los que el sistema pueda tener un posible problema de seguridad o de fiabilidad. Por ejemplo, casos en los que el usuario introduzca información errónea, se produzca algún error al hacer algún cálculo o bien temas relacionados con algunos requisitos no funcionales.

Como ya se ha dicho, los escenarios se generan a partir de los casos de uso identificados. Como mínimo debe existir un escenario primario o principal que describa el flujo normal de los eventos que transcurran en el caso de uso, es decir, lo que debe ocurrir normalmente cuando este se ejecuta. Por ejemplo, para un caso de uso “*Registro en el sistema*”, la secuencia de pasos asociada al escenario principal del mismo “*El usuario se da de alta correctamente*” sería:

1. El sistema muestra la pantalla de logon.
2. El usuario introduce su nombre y clave de usuario
3. El sistema valida la información introducida
4. El usuario entra correctamente en el sistema.

Además, también existirán escenarios que describan caminos secundarios o alternativos que son variantes del principal mostrado anteriormente. Por ejemplo, para el caso de uso anterior unos posibles escenarios secundarios serían:

* **Escenario Alternativo 1**: Alta errónea porque el usuario ya existe
* **Escenario Alternativo 2**: Alta errónea porque la contraseña no cumple las especificaciones requeridas.
* **Escenario Alternativo 3**: Alta errónea porque faltan campos obligatorios en el formulario.
* etc.

Los casos de uso es frecuente que se vuelvan complejos y generen un gran nº de escenarios secundarios (pueden tener un gran nº de pasos y cada uno de ellos genera varios escenarios secundarios). Por ello, se usan diagramas de actividad o robustez para poder representar mejor esa complejidad.

Por otro lado, los escenarios alternativos no deben contemplar los errores a nivel de sistema (fichero no encontrado, error de conexión), sino que suelen incluirse en su propia sección de "Excepciones" para tratar de no repetir la misma información de errores entre escenarios. Los escenarios alternativos son más secuencias de pasos alternativas a la "normal" o “principal”, pero que luego pueden estar relacionados con la misma. Por ejemplo, el escenario alternativo anterior “*Alta errónea porque faltan campos obligatorios en el formulario*" finalizará en "*Ir al paso 1 del escenario principal*" (volver a pedir los datos de login).

Bajo esta perspectiva, el número de escenarios que caben dentro de una aplicación medianamente compleja puede ser muy elevado. Entonces, ¿dónde poner el límite? ¿Cuáles deben ser representados? El analista debe ser capaz de seleccionar aquellos escenarios que aporten información útil al diseño. Por ejemplo, en toda aplicación web cabe considerar el escenario de "fallo de conexión". Sin embargo, si no se requiere un tratamiento específico para esta circunstancia, esa información es redundante dado que más que informar, despista al diseñador. Sin embargo, si queremos que, por ejemplo, para dar de alta un cargo en una actividad de la empresa ésta deba estar abierta, y en consecuencia que esto sea controlado por el sistema en desarrollo, sí deberemos considerar el escenario "Intento de asignación de cargo a actividad cerrada" dentro del caso de uso "Asignar cargo a actividad".

Una vez vista una pequeña descripción de los conceptos involucrados en esta sección, pasaremos a describir qué elementos deberían aparecer en la documentación final para contemplar todo lo dicho. Para ello se debe describir la secuencia de pasos de la que constan los escenarios y sus alternativas, clasificándolos según el caso de uso al que correspondan de una forma similar a la que se muestra en el ejemplo siguiente. Debe además tenerse en cuenta que no hay una plantilla estándar para describir los casos de uso y sus escenarios en una documentación, sino que es frecuente adaptar su descripción al proyecto que se está describiendo. A continuación se da un ejemplo de tabla para la descripción de los mismos, que puede adaptarse reduciéndose o ampliándose en función de las necesidades:

|  |  |
| --- | --- |
| **Nombre del caso de uso** | |
| **Precondiciones** | Descripción de todas las condiciones que deben cumplirse para iniciar el caso de uso. Esto quiere decir que si el sistema no está en estado descrito por sus precondiciones, el comportamiento del caso de uso no está determinado. |
| **Poscondiciones** | Describe que cambios en el estado del software se producirán tras completar el caso de uso |
| **Actores** | Qué actores están involucrados en el caso de uso (quién lo inicia, quién lo termina) |
| **Descripción** | Se usará para capturar la esencia del caso de uso (su escenario principal), describiendo el contenido del mismo y sus operaciones |
| **Variaciones (escenarios secundarios)** | Aquí deben describirse todas las posibles variaciones contempladas sobre el escenario principal, es decir, la descripción de todos los escenarios secundarios identificados |
| **Excepciones** | Condiciones excepcionales o errores que puedan ocurrir en el escenario principal y/o los secundarios descritos antes |
| **Notas** | Cualquier aclaración necesaria que no se haya contemplado en los puntos anteriores |

Para la documentación, los casos de uso complejos o de importancia elevada es mejor documentarlos con un diagrama de actividad o robustez además del texto que hagamos siguiendo la tabla anterior. De esta forma, se debería dividir la sección por cada caso de uso, y dentro de cada una de **ellas incluir primero un diagrama con la secuencia de pasos que contempla el mismo seguido de tablas como la mostrada antes, una por cada caso de uso**. A continuación se muestran unos ejemplos de esto para aclarar el contenido de esta sección.

### Caso de Uso 1

**NOTA**: No debemos olvidarnos de incluir una explicación del diagrama con aquello que pudiese no quedar del todo claro en el mismo.

(El siguiente ejemplo de diagrama de robustez corresponde al escenario principal del caso de uso “Crear examen” dado en un ejemplo anterior)



Figura 5.4. Descripción de las actividades de un escenario con un diagrama de robustez (I)

|  |  |
| --- | --- |
| **Crear Examen** | |
| **Precondiciones** | El usuario debe estar validado con rol de profesor |
| **Poscondiciones** | Debe existir un nuevo examen con identificador único en el sistema |
| **Actores** | Iniciado y terminado por el profesor |
| **Descripción** | El profesor:   1. Accederá a la pantalla de nuevo examen 2. Rellenará la información necesaria para confeccionar el examen 3. Asignará las preguntas al examen escogiendo entre las existentes 4. Guardará el examen 5. Recibirá una notificación del éxito en la operación |
| **Variaciones (escenarios secundarios)** | * **Escenario Alternativo 1**: El identificador del examen indicado ya existe en el sistema   + Volver al paso 2 del escenario principal, manteniendo el resto de información en la pantalla * **Escenario Alternativo 2**: El usuario no encuentra la pregunta que busca entre las existentes   + Dar la posibilidad al usuario de editar nuevas preguntas, conectando con el escenario principal del caso de uso “Editar Nuevas preguntas”   + Actualizar la lista de preguntas disponible   + Volver al paso 3 del escenario principal |
| **Excepciones** | * **La base de datos no está disponible**: No se pueden obtener preguntas ni guardar exámenes   + Notificar un error asociado al problema encontrado |
| **Notas** | - |

### Caso de Uso 2

(El siguiente ejemplo de diagrama de robustez corresponde al escenario principal del caso de uso “Registro en el sistema” mencionado en un ejemplo anterior)



Figura 5.5. Descripción de las actividades de un escenario con un diagrama de robustez (II)

|  |  |
| --- | --- |
| **Registro en el Sistema** | |
| **Precondiciones** | No |
| **Poscondiciones** | El usuario debe estar validado y con un rol asignado |
| **Actores** | Iniciado por un usuario de cualquier tipo de la aplicación finalizado por un usuario con el rol asociado a la información de logon introducida |
| **Descripción** | 1. El sistema muestra la pantalla de logon. 2. El usuario introduce su nombre y clave de usuario 3. El sistema valida la información introducida 4. El usuario entra correctamente en el sistema |
| **Variaciones (escenarios secundarios)** | * **Escenario Alternativo 1**: Alta errónea porque faltan campos obligatorios en el formulario   + Notificar el hecho al usuario   + Volver al paso 1 del escenario principal * **Escenario Alternativo 2**: Usuario y/o contraseña inválidos   + Notificar el hecho al usuario, sin dar detalles de lo que falta por seguridad   + Volver al paso 1 del escenario principal * **Escenario Alternativo 3**: Usuario y/o contraseña inválidos introducidos más de 5 veces seguidas   + Notificar el hecho al usuario, sin dar detalles de lo que falta por seguridad   + Volver al paso 1 del escenario principal, pero cambiando el contenido de la pantalla de login por un mensaje de forma que no se pueda volver a introducir información de login   + Mantener esa invalidación para la IP del usuario que se conecta durante 30 minutos |
| **Excepciones** | * **La base de datos no está disponible**: No se pueden obtener nombres ni contraseñas de usuario   + Notificar un error asociado al problema encontrado |
| **Notas** | En caso de que la BBDD no esté disponible, se debe mostrar un error pidiéndolo al usuario que lo intente en unos minutos en la pantalla de login |

Podemos encontrar más información en: [http://en.wikipedia.org/wiki/Scenario \_(computing)](http://en.wikipedia.org/wiki/Scenario%20_(computing)).

Por último, dado que los diagramas de robustez que se pueden usar para la descripción de la secuencia de pasos a dar en un escenario son un concepto relativamente nuevo y poco conocido, se ha incluido el siguiente anexo para su mejor comprensión.

**Anexo: Diagramas de Robustez**

El propósito principal de estos diagramas es poder analizar los pasos de cada caso de uso para validar que la lógica de negocio que modela es correcta, y que la terminología usada es consistente con la de otros casos de uso que se han analizado previamente. Por tanto, pueden usarse para comprobar si nuestros casos de uso son lo suficientemente robustos para representar a los requisitos del sistema construido. Otra ventaja de hacerlos es que permite identificar objetos o responsabilidades de objetos que son necesarias para soportar la lógica modelada por cada caso de uso, pero que se llaman fuera del mismo, sirviendo como puente hacia otros diagramas como diagramas de secuencia o diagramas de clase.

En un diagrama de robustez aparecen los siguientes conceptos:

* **Actores**: Los identificados en la sesión correspondiente.
* **Elementos limítrofes o *“Boundary Elements”*:** Representan elementos software como pantallas, informes, páginas HTML o interfaces del sistema con los que cada actor interactúa. También se les denomina “Elementos de Interface”
* **Elementos de Control o *“Control Elements”*:** Sirven como unión entre elementos *“Boundary”* y las entidades que veremos a continuación, implementando la lógica necesaria para gestionar los elementos y sus interacciones. También se les suele denominar elementos de proceso o controladores. Es importante entender que es posible implementar controladores dentro del sistema con elementos que no sean objetos (si son muy simples, pueden representarse con métodos de una entidad o clase *“Boundary”* simplemente).
* **Entidades o *“Entity Elements”*:** Estos son los tipos de entidad que se encuentran en el modelo conceptual (“Estudiante”, “Aula”, etc.).
* **Otros casos de uso (opcional):** Dado que en muchas ocasiones unos casos de uso invocan a otros, puede ser necesario representar esto en los diagramas de robustez.

El uso de estos diagramas será el correcto si vemos que nos reportan las siguientes ventajas:

* **Control de corrección:** Ayudan a estar seguro de que la descripción de cada caso de uso y sus escenarios es correcta y que no describe comportamientos no razonables o imposibles. En ocasiones puede ser necesario cambiar los nombres usados en la descripción del caso de uso con los nombres que aparecen en los diagramas de robustez.
* **Control de completitud:** Ayuda a asegurarnos que los casos de uso encajan con las operaciones que pretendemos hacer.
* **Identificación de objetos:** Es posible que nos hayamos olvidado de identificar algunos objetos en las partes del análisis hechas anteriormente y estos diagramas nos ayudarán a saberlo. También pueden ayudarnos a identificar discrepancias y conflictos entre nombres que hayamos asignado a las entidades anteriormente. En caso de encontrar estos fallos, debemos modificar los diagramas de manera acorde.
* **Ayuda a una fase preliminar del diseño:** Estos diagramas suelen ser más sencillos y fáciles de leer que los de secuencia.

Para una realización correcta de estos diagramas debemos tener en cuenta:

* Que las entidades que representemos en este diagrama DEBEN aparecer en el diagrama de clases de entidades del análisis hecho anteriormente.
* Que los diagramas tienen que describir los procesos de los casos de uso/escenarios que hayamos identificado. En caso de encontrar discrepancias, se debe identificar cual es el error y arreglarlo en aquel diagrama que corresponda.

Podemos encontrar más información en:

* <http://www.agilemodeling.com/artifacts/robustnessDiagram.htm>
* <http://pst.web.cern.ch/PST/HandBookWorkBook/Handbook/SoftwareEngineering/UCDOM_robustness.html> (Especialmente recomendado si este tipo de diagramas no se ha visto anteriormente, detallando además posibles errores a la hora de construir estos diagramas)

Por último, debemos recordar que si los escenarios representan operaciones muy sencillas o triviales no es necesario hacer un diagrama para los mismos. Tampoco tiene mucho sentido desarrollar muchos diagramas casi iguales; si varias operaciones funcionan prácticamente de la misma forma, bastaría con indicar que el diagrama correspondiente a la operación X es muy similar al mostrado para la operación Y, indicando en texto las diferencias. Es también importante tener herramientas que nos permitan realizar fácilmente estos diagramas. Actualmente herramientas como *DIA* (instalable mediante el “centro de *software”* de versiones recientes de Ubuntu) o *Enterprise Architect* son ejemplos de herramientas que lo permiten.

## Análisis de Interfaces de Usuario

A la hora de diseñar un interfaz de usuario, debemos cumplir con las normas de comunicación persona-máquina existentes, procurando que el interfaz sea usable, permita manejar el programa de manera eficiente y que no sea propenso a provocar errores en los usuarios. Esto debe hacerse así porque los diseños obedecen al resultado de hacer un diseñado centrado en el usuario, que simplemente nos lleva a simular en la pantalla el trabajo que realiza sobre una mesa o, en general, su entorno de trabajo existente hasta el momento. Un enlace que puede ser de ayuda a la hora de tomar determinadas decisiones a la hora de construir el interface de la aplicación es el siguiente: <http://www.ambysoft.com/essays/userInterfaceDesign.html>.

### Descripción de la Interfaz

En esta sección debemos crear la especificación de las interfaces entre el usuario y el sistema a construir, incluyendo todos los diferentes tipos de pantallas que van a existir, los cuadros de diálogo o los informes que le proporcionarán al usuario.

En este apartado también es importante identificar posibles grupos de usuarios para así aplicar las pantallas a dichos grupos, así como detallar otros aspectos, como lo que vamos a incluir en las pantallas para cumplir con normas de accesibilidad y usabilidad.

Para los distintos tipos de pantallas, se debe hacer un esquema que muestre la disposición de las mismas, que permita identificar donde irá cada elemento y las diferentes zonas de trabajo. Se muestra un ejemplo con este dibujo:

Dibujo2.wmf

Figura 5.6. Boceto de una interfaz

Otra posible opción para este apartado es diseñar ya las pantallas definitivas sin funcionalidad, solo para ver como quedarán en el producto final (es decir, crear un **prototipo**), lo que tiene la ventaja de poder enseñarle al cliente el aspecto de la aplicación desde un primer momento.

### Descripción del Comportamiento de la Interfaz

En este apartado debemos especificar cosas como los convenios que vamos a crear para validar la entrada de datos de la aplicación, los mensajes de error que mostraremos y el tipo de ayuda que vamos a proporcionar al usuario.

### Diagrama de Navegabilidad

En esta sección incluiremos un diagrama que muestre la navegación que habrá entre las pantallas del programa y su relación con las computaciones que tienen lugar en las mismas. Debemos mostrar solo las transiciones entre pantallas y no el contenido de cada pantalla en sí, ya que este diagrama tiene simbología especial para todos sus elementos. Podemos encontrar más información en:

* [www.agilemodeling.com/artifacts/uiFlowDiagram.htm](http://www.agilemodeling.com/artifacts/uiFlowDiagram.htm).

## Especificación del Plan de Pruebas

En esta sección crearemos y diseñaremos el plan de pruebas de la aplicación y sus funciones, así como todos los mecanismos que utilizaremos para detectar errores y corregirlos ya en la fase de implementación.

Las pruebas contemplarán aspectos tanto de funcionalidad de la aplicación como de aspectos de los usuarios o clientes de la misma.

Se contemplarán hasta cinco tipos de pruebas:

* **Pruebas Unitarias**: Una prueba unitaria es una forma de probar el correcto funcionamiento de un módulo de código, o en este caso una clase individual que cumple con una función concreta. Esto sirve para asegurar que cada uno de los módulos funcione correctamente por separado. A partir de los casos de uso, los escenarios y clases vistos anteriormente, debemos desarrollar pruebas unitarias que consideremos necesarias y especificar los resultados que se espera encontrar una vez ejecutada la operación sobre cada una de ellas. Es conveniente tabular estas pruebas para su aplicación posterior.
* **Pruebas de Integración**: Las pruebas de integración comprenden verificaciones asociadas a grupos de componentes, verificando que éstos funcionan correctamente cuando estos son ensamblados para cumplir con una función concreta. Para ello, cada escenario debe probarse con el mayor número de entradas posibles (y relevantes) que sea posible, incluyéndose entradas con datos correctos y con datos incorrectos para probar que el sistema reacciona correctamente ante errores de los usuarios. Para elaborar estas pruebas debemos tener en cuenta las características de la aplicación.
* **Pruebas del sistema**: Las pruebas del sistema son pruebas de integración del sistema construido completo, que permiten probar el conjunto de todo el sistema y que sus relaciones con otros sistemas que necesite son correctas, verificando así que todas sus especificaciones funcionales y técnicas se cumplen.
* **Pruebas de Usabilidad**: Este tipo de pruebas determinan la satisfacción del cliente con el producto final. Podemos especificar aquí cuales de estos aspectos son los más importantes en la aplicación a crear y establecer unas pautas generales por las cuales queremos medir en qué medida hemos conseguido estos aspectos. No se trata de diseñar ya los mecanismos de prueba de estos aspectos, ya que eso se hará posteriormente.
* **Pruebas de Código**: Para determinar la existencia de código muerto. Se recomienda hablar si incluir este tipo de pruebas o no con el director del proyecto.

Para elaborar las pruebas debemos desarrollarlas a partir de los casos de uso y escenarios antes descritos, empleando tablas como las que se muestran a continuación. Para elaborarlas debemos tener en cuenta el escenario principal del caso de uso y sus posibles alternativas y excepciones. Estas tablas sirven como ejemplo para pruebas de integración o del sistema. Si resultase más sencillo, puede hacerse con pequeñas tablas independientes para cada caso. A continuación se muestra un pequeño ejemplo para un caso de uso:

|  |  |
| --- | --- |
| ***Caso de Uso 1: Añadir Usuario*** | |
| **Prueba** | **Resultado Esperado** |
| Añadir un usuario no existente | El sistema posee un usuario más |
| **Prueba** | **Resultado Esperado** |
| Añadir un usuario que ya existe | El sistema no posee un usuario más y se muestra un dialogo notificándolo |
| **Prueba** | **Resultado Esperado** |
| Cancelar la Operación | El sistema permanece sin cambios. |

# Diseño del Sistema

## Arquitectura del Sistema

### Diagramas de Paquetes

Aunque el concepto de paquete se puede aplicar a varios elementos del modelo, lo más típico en un TFG es agrupar clases con ellos. Los paquetes agruparán clases que estén relacionadas con una determinada funcionalidad y este diagrama debe mostrar también las relaciones existentes entre dichos paquetes (por ejemplo, dos paquetes estarán relacionados si algunas de sus clases se usan entre ellas o se envían mensajes). En esencia se trata de mostrar la organización lógica de la aplicación (en contraposición con la organización física, que aparecerá en los diagramas posteriores), presentando como se agrupan las clases de dicha aplicación en paquetes y la relación existente entre los mismos. Más información sobre estos diagramas se puede encontrar en:

<http://www.agilemodeling.com/artifacts/packageDiagram.htm>

<http://www.sparxsystems.com.au/resources/uml2_tutorial/uml2_packagediagram.html>

Los diagramas de paquetes son especialmente útiles cuando el diagrama de clases de todo el sistema es demasiado grande para visualizarse correctamente. Podemos entonces hacer un diagrama de paquetes (cada paquete contendrá N clases del sistema) y luego detallar individualmente cada uno de ellos donde corresponda.

#### Paquete 1

Descripción de los paquetes del diagrama (que tipo de elementos contiene, para qué sirven los mismos,…).

#### Paquete 2

### Diagramas de Componentes

Los diagramas de componentes muestran los diferentes componentes de un sistema y sus dependencias. Un componente representa un módulo de código físico. Muchas veces se suele identificar un componente con un paquete, pero no siempre es así ya que los componentes representan el empaquetado físico del código. Por tanto, una misma clase puede estar presente en varios componentes, pero definida en un único paquete.

Es también una práctica común el incluir estos diagramas dentro de los de despliegue (que veremos a continuación) para que la distribución física de las distintas partes de la aplicación (y los componentes que las forman) en las distintas máquinas disponibles quede más clara.

Para tener más información sobre este tema, se pueden consultar los siguientes enlaces:

<http://www.agilemodeling.com/artifacts/componentDiagram.htm>

<http://www.visual-paradigm.com/VPGallery/diagrams/Component.html>

<http://www.ibm.com/developerworks/rational/library/dec04/bell/>

Si se integra con el diagrama siguiente (el de despliegue), en las descripciones que hagamos de los elementos debemos describir también los componentes. En caso contrario, describiremos los componentes en esta sección.

### Diagramas de Despliegue

El sistema creado está compuesto por varios procesos *software* y máquinas que colaboran para llevar a cabo la tarea encomendada, la relación existente entre ellos es la siguiente.Diagrama

Descripción generada automáticamente

Figura Diagrama de despliegue de el sistema

#### Google Firebase

Se trata de la base de datos donde está almacenada la información sobre el sistema. Para más información ver: [Diseño de la base de datos](#_Diseño_de_la)

#### VehicleApp’s

Se trata de las aplicaciones instaladas en los dispositivos Android de vehículos.

#### PassengerApp’s

Se trata de las aplicaciones instaladas en los dispositivos Android de pasajeros.

## Diseño de Clases

En esta sección representaremos diagramas que muestren los paquetes (y la relación existente entre ellos) y las clases que formarán parte de la implementación final del sistema (incluyendo también las relaciones existentes entre ellas), explicando todo aquel dato acerca de la utilidad de los mismos y justificando todo aquello que consideremos necesario.

* Debemos extraer la información de métodos y atributos a incluir en cada clase (así como las relaciones existentes entre ellas) de los diagramas que hemos desarrollado en el punto anterior.
* También debemos mostrar las clases adicionales que pueden ser necesarias en función de lo que hemos desarrollado anteriormente.
* Debemos mostrar todas las asociaciones y agregaciones (en general, relaciones) que necesitemos, en función de dichos diagramas.
* El conjunto de atributos de las clases debemos crearlo según los métodos, relaciones y en general de las necesidades de cada clase del sistema.
* La jerarquía de clases debemos pensarla de acuerdo a las necesidades de cada subsistema y aplicación.
* Debemos aclarar todos aquellos aspectos que no queden claros en el diagrama, usando notas.
* En general, debemos tener en cuenta que el diseño es una evolución del análisis, por lo que las clases que incluyamos en el diseño deben corresponderse razonablemente con todo el trabajo hecho en esa parte del documento.

### Diagrama de Clases

Es necesario mostrar por lo menos un diagrama global de clases. Si el diagrama de clases global fuese muy grande, podemos dividir el diagrama en varios diagramas más pequeños según la estructura de la aplicación, mostrando el principal abreviado tal y como se explico anteriormente en los diagramas de paquetes. Otra opción es hacer que la hoja que tenga el diagrama se imprima en otro formato que nos proporcione más espacio (en horizontal, A3,…).

## Diagramas de Interacción y Estados

Esta sección se usará, entre otras cosas, para evolucionar y detallar los diagramas de robustez que hemos desarrollado en el análisis usando diagramas de interacción y de estados. La estructura a seguir es la de incluir el diagrama en sí (dibujo) y luego hacer una lista explicando cada uno de los pasos existentes en dicho diagrama que lo requieran. Los diagramas deben incluir nombres de clases, métodos y parámetros “reales”, con la intención de que puedan trasladarse directamente a la implementación del sistema (el objetivo de un buen diseño). Por este motivo no debemos escatimar en detalles a la hora de desarrollarlos, ya que se supone que de estos diagramas podremos extraer directamente la implementación de la aplicación.

Cuando se menciona que los diagramas del diseño son una evolución de los del análisis significa que podemos aprovechar el trabajo ya realizado para su creación, adaptando la información en los diagramas correspondientes del análisis para desarrollar los nuevos diagramas (se debe lograr coherencia entre las entidades desarrolladas en ambas fases).

En cuanto al número de diagramas a contemplar, al igual que se dijo anteriormente no es necesario incluir en el diseño todos y cada uno de los posibles diagramas, sino que podremos ahorrar extender aquellos en los que:

* Las operaciones sean muy simples (en cuyo caso se puede optar por no decir nada al respecto o colocar simplemente un texto explicativo).
* La operación sea muy similar o idéntica a una que ya está desarrollada en esta sección. En este caso lo mejor es poner en el diagrama original a que otros casos se aplica o representa y no repetirlo.

### Caso de Uso 1.1

#### Diagramas de Interacción (Comunicación y Secuencia)

Diagramas de secuencia de diseño correspondiente al escenario principal del caso de uso y a aquellos alternativos que merezcan ser desarrollados (estableciendo un paralelismo con la nomenclatura usada en el análisis). Podemos encontrar más información en:

<http://pst.web.cern.ch/PST/HandBookWorkBook/Handbook/SoftwareEngineering/UCDOM_interaction.html>

En el caso de que creamos necesario mostrar el comportamiento de varios objetos que colaboran para la consecución de un determinado fin común, debemos crear un diagrama de comunicación de objetos que represente este comportamiento. Podemos encontrar más información acerca de los mismos en esta dirección:

<http://www.agilemodeling.com/artifacts/communicationDiagram.htm>

#### Diagramas de Estados de las Clases

En caso necesario, si es conveniente dar más detalles de cómo se comporta un determinado escenario, podemos incluir diagramas de estados de las clases involucradas en el mismo para indicar las distintas fases por las que una clase pasará durante el mismo. Podemos encontrar más información sobre estos diagramas en:

<http://www.agilemodeling.com/artifacts/stateMachineDiagram.htm>

### Caso de Uso 1.2

## Diagramas de Actividades

Si hay alguna operación o funcionalidad dentro del sistema que merezca la pena destacar se documentará mediante un diagrama de actividades. Puede haber tantos como consideréis necesarios. Más información acerca de estos diagramas se puede encontrar en estos enlaces:

<http://dn.codegear.com/article/31863#activity-diagrams>

<http://www.agilemodeling.com/artifacts/activityDiagram.htm>

## Diseño de la Base de Datos

Para el desarrollo del back-end de la aplicación se ha utilizado Firebase de Google. La documentación de Firebase se puede encontrar [aquí](https://firebase.google.com/docs/firestore).

Firebase permite sincronizar información en tiempo real con la aplicación Android, de manera que, al ser modificados los datos de la base de datos, se actualicen en tiempo real en la aplicación, y viceversa.

Para la identificación de los usuarios con la base de datos se ha utilizado la dependencia: “com.google.android.gms:play-services-auth:19.2.0”

Respecto a la versión de FireBase, se ha utilizado la última versión a 24 de octubre de 2021.

### Descripción del SGBD Usado

Firebase tiene dos principales tipos de bases de datos, Firestore y Realtime Database.

Se ha optado por Firestore por ser el tipo de base de datos más reciente de Firebase, habiendo dejado prácticamente obsoleta a Realtime Database, puesto que Firestore provee actualizaciones de datos en tiempo real, al igual que Realtime Database, pero con más ventajas.

### Integración del SGBD en Nuestro Sistema

Nuestra base de datos consta de dos colecciones, “plates” y “users”.

Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación, Correo electrónico

Descripción generada automáticamente

Figura 7 Captura de pantalla del estado actual de la base de datos

En la colección users se almacenan los usuarios pasajeros. Cada usuario pasajero se identifica por su email, que será su clave. Cada usuario pasajero tiene almacenados los viajes que tiene comprados para cada tipo de bono. Por ejemplo, [alexleonperaaa3@gmail.com](mailto:alexleonperaaa3@gmail.com) tiene 40 viajes para utilizar en autobuses o trenes de 1 zona, y 20 viajes para utilizar en buses o trenes de 2 zonas. Sin embargo, tiene 0 viajes de 6 zonas, por ejemplo.

Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

Descripción generada automáticamente

Figura 8 Captura de pantalla de la colección “plates”

En la colección “plates”, tenemos por cada usuario conductor/maquinista (identificado por su email) el número de matrícula de su autobús o el número identificador del tren que está manejando: “plate”. Y el nombre de dicho autobús o tren.

En la base de datos se almacena cada usuario identificado por su email

Texto

Descripción generada automáticamente

Figura 9 Captura de pantalla de los usuarios de la base de datos

Para registrarse o iniciar sesión se permite hacerlo a través de una cuenta de Google, o por correo electrónico y contraseña, de manera más convencional.

Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

Descripción generada automáticamente

Figura 10 Formas de inicio de sesión permitidas por la base de datos

### Diagrama E-R

La base de datos consta de dos tablas (users y plates) sin relación alguna entre ellas.

En la tabla users, se almacenan los viajes que tiene cada usuario pasajero.

En la tabla plates, se almacena la matrícula del vehículo del usuario conductor, así como el nombre de su vehículo, por ejemplo, Autobús L5

Tabla

Descripción generada automáticamente

Figura 11 Diagrama de la base de datos

## Diseño de la Interfaz

Como el proyecto se divide en dos aplicaciones, se dividirá la sección del diseño de la interfaz en 3 partes. Las partes comunes entre las dos aplicaciones (el login, y las pantallas de permisos de bluetooth y ubicación), las partes de la aplicación del vehículo (VehicleApp) y las partes de la aplicación del pasajero (PassengerApp).

Cabe destacar que ambas aplicaciones detectan los ajustes tanto de idioma como de tema (oscuro o claro) del sistema operativo automáticamente y en función de esos ajustes muestra la aplicación con tema oscuro o claro, o en inglés o español, ya que está internacionalizada.

Para este ejemplo hemos utilizado el tema claro y el idioma inglés, pues es el que tiene por defecto la aplicación (a no ser que el usuario tenga el móvil en español, en tal caso se mostraría la aplicación automáticamente en español).

### Pantallas comunes

#### Registrarse e iniciar sesión

Interfaz de usuario gráfica, Aplicación, Word

Descripción generada automáticamente Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

Descripción generada automáticamente

Las pantallas anteriormente mostradas permiten al usuario registrarse e iniciar sesión, ya sea por email y contraseña (método clásico) o utilizando una cuenta de Google existente en el dispositivo. Solo se mostrarán cuando el usuario no esté identificado. Una vez el usuario se identifique ya no volverán a aparecer más aunque se cierre la aplicación, hasta el momento en el que el usuario cierre la sesión manualmente en el botón del menú mostrado más adelante.

#### Permisos de bluetooth y localización

Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación, Chat o mensaje de texto

Descripción generada automáticamente Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

Descripción generada automáticamente Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación, Chat o mensaje de texto

Descripción generada automáticamente

Las siguientes pantallas aparecen solamente cuando el bluetooth o la localización del dispositivo están desactivados, o todavía no se han concedido permisos. Una vez se activan la localización del dispositivo y el bluetooth, y se dan los permisos necesarios, no volverán a aparecer más.

### Pantallas de VehicleApp

Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

Descripción generada automáticamente Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

Descripción generada automáticamente

VehicleApp tan solo posee una pantalla principal, la cual le permite al usuario cambiar el número de zonas, el nombre y la matrícula del vehículo. Tanto el número de zonas como el nombre influirán en los dispositivos de los pasajeros (PassengerApp) a la hora de detectar el dispositivo del vehículo (VehicleApp) por Bluetooth.

También se permite cerrar sesión en el icono superior derecho del menú.

### Pantallas de PassengerApp

Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

Descripción generada automáticamente

Figura Pantalla principal de PassengerApp

La imagen anterior muestra la pantalla principal de la aplicación del pasajero (PassengerApp). En ella se muestra el estado actual del dispositivo (no conectado a ningún otro dispositivo) y un menú con tres opciones para comprar bonos, mostrar los bonos comprados y conectar con dispositivos cercanos.

Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

Descripción generada automáticamente Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

Descripción generada automáticamente

Las pantallas anteriores muestran la vista de comprar bonos. Permiten al usuario seleccionar tanto el número de zonas como el número de viajes. Una vez se le de al botón de pagar, si los bonos se han comprado correctamente y no existe ningún error, se le mostrará al usuario un mensaje indicándole que los bonos se han comprado de manera exitosa.

Tabla

Descripción generada automáticamente con confianza media

Como podemos observar en la imagen anterior, en la pantalla de “ver bonos” se ve que el usuario tiene 6 viajes de 4 zonas. Ahora vamos a entrar en la pantalla de “utilizar bonos” para utilizar un bono en un autobús de 4 zonas para ver cómo se le resta un viaje.

Captura de pantalla de un celular con texto

Descripción generada automáticamente Texto

Descripción generada automáticamente con confianza media

La pantalla de “utilizar bonos” busca vehículos cercanos. En este caso, tenemos otro móvil con la aplicación VehicleApp instalada y funcionando, por lo que se detecta “Autobus L1 4zones”.

Si hacemos click en “Autobus L1 4zones” se conectará y se habrá consumido un viaje de 4 zonas. Volvamos a la pantalla principal para ver cómo se ha conectado.

Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación, Chat o mensaje de texto

Descripción generada automáticamente

En la pantalla principal ahora se muestra a qué vehículo nos hemos conectado, así como la fecha y la hora. Esto le servirá al pasajero para demostrarle al revisor del autobús o tren que ha utilizado el bono en caso de que se lo requiera. El mensaje permanecerá en verde hasta que el pasajero se baje del autobús o tren y esté lo suficientemente lejos como para perder la conexión bluetooth, momento en el que volverá a ponerse en rojo indicando que ya no se encuentra conectado a ningún vehículo.

Volvamos a la pantalla de “ver bonos” para ver cómo efectivamente se ha consumido un bono:

Tabla

Descripción generada automáticamente con confianza media

Vemos que ahora el usuario tiene 5 viajes de 4 zonas en lugar de 6.

Ese sería el funcionamiento completo de la aplicación.

Toda la interfaz de usuario de ambas aplicaciones está desarrollada tanto en tema oscuro como en tema claro para facilitar la accesibilidad de ciertos grupos de usuarios. Asimismo, también se encuentra internacionalizada (actualmente con español e inglés), por lo que para añadir un nuevo idioma tan solo habrá que añadir un nuevo fichero de traducciones sin modificar en absoluto ninguna parte de la aplicación.

Para demostrar lo dicho, se muestra una captura de pantalla de la aplicación del pasajero en idioma español y tema oscuro. No se mostrará la aplicación entera de nuevo pues sería redundante, solo se muestra la pantalla principal de PassengerApp como muestra del tema oscuro y la internacionalización:

Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

Descripción generada automáticamente

Figura Menú principal de PassengerApp en tema oscuro e idioma español.

## Especificación Técnica del Plan de Pruebas

El proceso de pruebas se extiende durante todo el proceso de construcción del software y por tanto en esta sección debemos describir cómo vamos a aplicar las pruebas diseñadas y especificar más otro tipo de pruebas que vamos a realizar al software.

No debemos olvidarnos mencionar entonces bajo que máquina (incluyendo sistema operativo y entorno de desarrollo) se realizan las pruebas, y en qué orden se realizan las diferentes pruebas contempladas, entre otros aspectos.

**NOTA**: Es perfectamente posible que, aunque un sistema conste de múltiples procesos independientes que colaboran entre sí (por ejemplo un cliente y un servidor), las pruebas se hagan en sólo una máquina (Ej.: cliente y servidor que se conectan a *localhost*).

### Pruebas Unitarias

Esta sección contendrá la descripción de la aplicación de las pruebas unitarias que hemos descrito anteriormente (qué datos se van a introducir finalmente sobre qué clases, ahora que conocemos finalmente todas las clases que se van a implementar gracias al diseño), indicando cuando las vamos a realizar y que medidas tomaremos en caso de encontrar fallos. También debemos hablar de si hemos dividido las pruebas entre los diferentes subsistemas de alguna forma.

En este apartado debemos también describir las posibles **pruebas de regresión** que queramos implementar. Estas pruebas de regresión se deben automatizar para poder pasarlas periódicamente cada vez que hagamos cambios importantes en el sistema.

**Se recomienda encarecidamente el empleo de una herramienta de automatización de estas pruebas** unitarias para facilitar mucho esta labor. Posibles herramientas son *JUnit* (Java) o *NUnit*. Realmente esta sería la forma más adecuada de afrontar esta tarea.

### Pruebas de Integración y del Sistema

Las pruebas funcionales y del sistema que hemos especificado en el análisis deben aplicarse para garantizar que el sistema funciona correctamente. Debemos describir así cómo y cuándo vamos a aplicar este tipo de casos de prueba dentro del sistema, así como las entradas y salidas de estas pruebas. No debemos olvidar que la aplicación de las pruebas y qué ocurre cuando se pasan irá en una sección posterior.

Debemos recordar pues que, tanto en esta sección como en la anterior, ya tenemos las pruebas diseñadas en la fase de análisis, y que ahora se trataría de describir cómo y cuando las vamos a aplicar, qué datos vamos a introducir en cada caso y qué vamos a hacer en caso de acierto o fallo de las pruebas. No se trata de repetir lo mismo de nuevo.

A modo de guía, debemos pensar que lo que diseñemos aquí debe ser directamente aplicable sobre el código de la aplicación.

### Pruebas de Usabilidad y Accesibilidad

Dado que es posible que el lector de este documento no esté familiarizado con este tipo de pruebas, haremos una descripción un poco más en detalle de en qué consisten. Este tipo de pruebas determinan la satisfacción del cliente con el producto final y por tanto debemos darle mucha importancia a las mismas, no dejándolas de lado en ningún caso.

Las pruebas de usabilidad tratan de evaluar la aplicación en su funcionamiento real. Debemos realizar un conjunto de pruebas para verificar que las distintas partes del programa se pueden usar adecuadamente. Los objetivos son:

* Mejorar la calidad de la interacción de los usuarios con nuestra aplicación.
* Reducir el tiempo necesario para hacer las distintas tareas en la aplicación y de esta forma aumentar la productividad.

Debemos tener los siguientes elementos en cuenta, para describirlos completamente en esta sección antes de hacer las pruebas en sí:

* **Usuarios**: Distintos grupos de usuarios de la aplicación sobre los que vamos a realizar las pruebas. Cada usuario tendrá un perfil de uso distinto y tenemos que tenerlo en cuenta a la hora de hacer las pruebas. Por lo general es suficiente con efectuar las pruebas con un número reducido de usuarios (de 3 a 5). También debemos dejar bien claro, en caso de que los usuarios lo deseen, la profesión y la edad de los mismos.
* **Lugar de realización**: En un laboratorio o bien en la propia casa u oficina del cliente.
* **Metodología**: Describir que vamos a hacer en estas pruebas (el conjunto de pasos a seguir en las mismas).

Aunque en la siguiente sección se dan detalles acerca de cómo hacer cuestionarios para efectuar estas pruebas, estos no son la única herramienta para ello. Existen otros tipos de herramientas como pruebas basadas en las opiniones dadas de forma oral por los usuarios, heurísticas, etc. Dependiendo fundamentalmente del producto y para quien este destinado. No obstante, los cuestionarios porque son una herramienta adecuada para gran parte de los casos y no exigen muchos recursos. Se recomienda consultar al director de proyecto acerca de la mejor forma de hacer este tipo de pruebas en el proyecto concreto a desarrollar.

#### Diseño de Cuestionarios

Detallamos a continuación algunas pautas a seguir en el diseño de los cuestionarios que podamos necesitar, si se estima oportuno el uso de esta herramienta. Una norma muy importante a cumplir es que él tiempo necesario para rellenar los cuestionarios no deben superar los 15 minutos.

##### Cuestionario de Evaluación

Debemos elaborar un cuestionario para que los usuarios lo hagan y determinar así distintos aspectos del mismo y de su interacción con la aplicación. Los puntos a tocar son (esto es un esquema que puede ampliarse si se desea para adaptarlo a la aplicación en sí):

* **1º**: **Preguntas de carácter general** a través de las cuales se determine el tipo de usuario y su nivel de conocimiento informático.
* **2º**: **Actividades guiadas** para hacer con nuestra aplicación.
* **3º**: **Batería de preguntas cortas** con los distintos aspectos de la aplicación que se pretendan evaluar.
* **4º**: **Observaciones**, para que el usuario aporte todo lo que considere oportuno de nuestra aplicación.

##### Cuestionario para el Responsable de las Pruebas

Además, debemos desarrollar un cuestionario para que el responsable de las pruebas pueda anotar distintos aspectos que observe durante la realización de las pruebas. Un posible desarrollo de todos estos aspectos se describe a continuación.

#### Actividades de las Pruebas de Usabilidad

##### Preguntas de carácter general

Se muestra un esbozo de un posible cuestionario, que debemos desarrollar y adaptar a nuestras necesidades:

|  |
| --- |
| **¿Usa un ordenador frecuentemente?** |
| 1. Todos los días 2. Varias veces a la semana 3. Ocasionalmente 4. Nunca o casi nunca |
| **¿Qué tipo de actividades realiza con el ordenador?** |
| 1. Es parte de mi trabajo o profesión 2. Lo uso básicamente para ocio 3. Solo empleo aplicaciones estilo Office 4. Únicamente leo el correo y navego ocasionalmente |
| **¿Ha usado alguna vez software como el de esta prueba?** |
| 1. Sí, he empleado software similar 2. No, aunque si empleo otros programas que me ayudan a realizar tareas similares 3. No, nunca |
| **¿Qué busca Vd. Principalmente en un programa?** |
| 1. Que sea fácil de usar 2. Que sea intuitivo 3. Que sea rápido 4. Que tenga todas las funciones necesarias |

##### Actividades guiadas

Hacer un compendio de actividades que se puedan hacer con la aplicación para que nuestros usuarios las hagan y comenten los problemas y dificultades que según su opinión presenta la aplicación (si existiesen). Debemos recoger estas opiniones en el documento. Posibles actividades a probar son:

* Añadir un usuario a la aplicación
* Eliminar un artículo de la aplicación
* …

##### Preguntas Cortas sobre la Aplicación y Observaciones

Un posible cuestionario de preguntas cortas (a desarrollar más en cada proyecto) es el siguiente:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Facilidad de Uso** | **Siempre** | **Frecuentemente** | | **Ocasionalmente** | | **Nunca** |
| *¿Sabe donde está dentro de la aplicación?* |  |  | |  | |  |
| *¿Existe ayuda para las funciones en caso de que tenga dudas?* |  |  | |  | |  |
| *¿Le resulta sencillo el uso de la aplicación?* |  |  | |  | |  |
| **Funcionalidad** | **Siempre** | **Frecuentemente** | | **Ocasionalmente** | | **Nunca** |
| *¿Funciona cada tarea como Vd. Espera?* |  |  | |  | |  |
| *¿El tiempo de respuesta de la aplicación es muy grande?* |  |  | |  | |  |
| **Calidad del Interfaz** | | | | | | |
| **Aspectos gráficos** | **Muy Adecuado** | | **Adecuado** | **Poco Adecuado** | **Nada Adecuado** | |
| *El tipo y tamaño de letra es* |  | |  |  |  | |
| *Los iconos e imágenes usados son* |  | |  |  |  | |
| *Los colores empleados son* |  | |  |  |  | |
| **Diseño de la Interfaz** | | | **Si** | **No** | **A veces** | |
| *¿Le resulta fácil de usar?* | | |  |  |  | |
| *¿El diseño de las pantallas es claro y atractivo?* | | |  |  |  | |
| *¿Cree que el programa está bien estructurado?* | | |  |  |  | |
| **Observaciones** | | | | | | |
| Cualquier comentario del usuario | | | | | | |

Evidentemente debemos extender este cuestionario de ejemplo para adaptarlo a nuestras necesidades.

##### Cuestionario para el Responsable de las Pruebas

|  |  |
| --- | --- |
| **Aspecto Observado** | **Notas** |
| *El usuario comienza a trabajar de forma rápida por las tareas* |  |
| *Tiempo en realizar cada tarea* |  |
| *Errores leves cometidos* |  |
| *Errores graves cometidos* |  |
| *<Incluir otras cosas>* |  |
| *…* |  |
| *…* |  |

Los resultados de las pruebas se deben analizar conjuntamente para así establecer una conclusión respecto a cuatro aspectos de usabilidad:

1. **Facilidad de aprendizaje**: Capacidad para aprender la funcionalidad de la aplicación desarrollada y desarrollar las tareas de manera adecuada, midiendo cuanto se tarda en hacer las distintas tareas.
2. **Eficiencia**: Cuanto mejora la labor de los usuarios por usar la aplicación respecto a lo que se hacía anteriormente.
3. **Errores**: Cuantos errores cometen los usuarios en las distintas tareas, lo que decrementa la usabilidad del mismo.
4. **Satisfacción del usuario**: Impresión general de los usuarios al usar la aplicación.

#### Pruebas de Accesibilidad

El grueso de las **pruebas de accesibilidad** será descrito en la parte de desarrollo de las pruebas. A nivel de diseño simplemente puede indicarse qué tipo de pruebas van a realizarse para el programa concreto, que normas *WCAG* van a seguirse u otras consideraciones generales acerca de las mismas, dentro de las posibles vías de actuación. *WAI* propone básicamente tres tipos de revisiones:

* **Revisión preliminar**: Identifica rápidamente problemas de accesibilidad de un sitio *Web*. Todos los procesos de esta revisión también tienen lugar en la siguiente revisión.
* **Evaluación de conformidad**: Permite indicar si un sitio web cumple con los estándares de accesibilidad (Ej.: *WCAG*). Puede encontrarse más información en: [www.w3.org/WAI/eval](http://www.w3.org/WAI/eval), aunque en esta plantilla se intentarán dar pautas para hacer una evaluación adecuada.
* **Otras evaluaciones**: *WAI* también proporciona otra serie de documentos para evaluar aplicaciones en contextos específicos y para implicar a usuarios discapacitados en la evaluación. En el primer caso se tratan de documentos complementarios a los anteriores que describen consideraciones para la evaluación de sitios grandes y complejos durante el proceso de desarrollo y mantenimiento, o bien para sitios existentes cuyas páginas son generadas dinámicamente.

### Pruebas de Rendimiento

El sistema desarrollado consumirá una determinada cantidad de recursos (memoria y tiempo de proceso) que debemos procurar que sean los menores posible. Por ello, la aplicación debe al menos medirse para ver cuántos recursos consume y se debe intentar eliminar posibles cuellos de botella en el rendimiento que se puedan presentar en uno o varios subsistemas de la misma. Debemos diseñar medios para hacer estas mediciones en nuestra aplicación.

Para esta tarea debemos pues medir el tiempo que tardan las operaciones más importantes que haga el sistema y comprobar si es posible mejorarlas de algún modo una vez que el sistema esté en funcionamiento. En este apartado debemos diseñar que actuaciones vamos a llevar a cabo para hacer estas pruebas y las actuaciones que vamos a llevar a cabo para mejorar el rendimiento en aquellos puntos en los que encontremos problemas. Una herramienta que podemos aplicar para este fin es la opción “*Tools – View Speed Report*” de las “*Web Developer Extensions*” de *Firefox*.

Una consideración a tener en cuenta es determinar qué actividades serán las más frecuentes y si su rendimiento es adecuado o no, ya que por esta vía conseguiremos una mejor optimización de la aplicación.

En el caso de que el programa deba tener algún requisito respecto al tiempo que debe tardar o a la memoria ocupada, debe tenerse especial cuidado en este aspecto.

Por último, también debemos diseñar pruebas de carga para determinar cómo responde el sistema con un alto número de usuarios o un gran volumen de datos. Para esta tarea puede ayudar una aplicación como *JMeter* (<http://jakarta.apache.org/jmeter/>).

# Implementación del Sistema

## Estándares y Normas Seguidos

Descripción breve de los estándares y normas que hayamos usado en nuestra aplicación a la hora de desarrollar su código y si nos hemos ocupado de validar que esos estándares se cumplan efectivamente.

## Lenguajes de Programación

El desarrollo de las aplicaciones tanto del vehículo como del pasajero, se ha hecho en Android, utilizando tanto [Kotlin](https://kotlinlang.org/) como [Java](https://www.java.com/es/) para la lógica de negocio, y [XML](https://hbr.org/2000/07/explaining-xml) para la interfaz de usuario.

## Herramientas y Programas Usados para el Desarrollo

### Android Studio

Para desarrollar las aplicaciones se ha utilizado [Android Studio](https://developer.android.com/studio). En la siguiente imagen podemos encontrar información sobre la versión de Android Studio:

Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación, Chat o mensaje de texto

Descripción generada automáticamente

Figura 14 Información sobre Android Studio

Android Studio corre a su vez en un equipo con [Windows 10](https://www.microsoft.com/es-es/software-download/windows10) Home instalado.

### Git

Para llevar a cabo el control de versiones y el avance del proyecto se ha utilizado [Git](https://git-scm.com/). El repositorio se encuentra subido a la plataforma [github.com](https://github.com/nfc-tools/libnfc/blob/master/utils/nfc-mfclassic.c).

### scrcpy

Para visualizar la pantalla de un móvil Android conectado a un ordenador en la pantalla del ordenador se ha utilizado [scrcpy](https://github.com/Genymobile/scrcpy) (viene del inglés Screen Copy).

## Creación del Sistema

En este apartado se encuentran todos los aspectos encontrados durante la implementación del proyecto.

### Problemas Encontrados

Durante el desarrollo del proyecto han surgido varios problemas:

#### Incompatibilidad con NFC

Respecto al NFC, no es un estándar común a todos los dispositivos como si lo es por ejemplo el wifi o el bluetooth. Un receptor wifi no distingue si se está utilizando un móvil Android o iPhone, o que versión. Sin embargo, el NFC si lo hace, lo cual complica las cosas por las siguientes razones:

* En Android, Android Beam se remplaza en 2018 por Nearby Share, lo que hace que los dispositivos Android posteriores a 2018 sean incompatibles con los inferiores a esa fecha.
* En Apple, no se usa ni Android Beam ni Nearby Share, sino que se utiliza AirDrop, de Apple. Lo cual se traduce en incompatibilidades con dispositivos Android.
* No todos los móviles traen NFC incorporado por lo que si queremos reemplazar las tarjetas vulnerables por la aplicación móvil no podremos hacerlo pues no todo el mundo tendrá acceso a la aplicación.

La solución ha sido utilizar Bluetooth en lugar de NFC. Se eliminan los problemas tanto de compatibilidad como de disponibilidad por parte de los usuarios, pues todos los dispositivos Bluetooth son compatibles entre sí, y además todos los móviles tienen Bluetooth incorporado.

#### Comportamiento Bluetooth de la aplicación

El segundo problema encontrado al realizar el proyecto es que al ser el bluetooth una tecnología utilizada por todo el mundo, cuando los pasajeros escaneaban en busca de vehículos también les aparecían otros dispositivos bluetooth.

La solución ha sido modificar el adaptador bluetooth de la aplicación para que solo los dispositivos que estén ejecutando VehicleApp sean visibles para PassengerApp. Dicho de otra manera, PassengerApp solo detecta dispositivos que estén ejecutando VehicleApp, por lo que se obtiene el efecto esperado.

### Descripción Detallada de las Clases

En esta sección debemos describir las clases más relevantes de nuestra aplicación de manera que se detallen todos sus atributos y métodos así como su descripción y función exacta, tal y como aparecen en el código de la aplicación. Para hacerlo lo mejor posible debemos elaborar esta descripción una vez cerrado el desarrollo de la aplicación en sí, para evitar problemas de versiones por revisiones al código que surjan durante el desarrollo. Para ello podemos hacer dos cosas:

* Emplear una herramienta que vuelque las clases y sus comentarios a un formato que podamos usar en este documento y que contemple todos los aspectos vistos antes (es decir, que el resultado sea similar a la tabla mostrada más abajo). Herramientas como *Javadoc* o similares son adecuadas para este fin.
* En caso de no disponer o no querer usar una herramienta como la mencionada anteriormente, empleamos la tabla que se muestra a continuación.

Para cada clase se pondrá un título de nivel 4 y se comenzará en una página nueva. NO rellenar con saltos de párrafo (*return*).

#### Clase 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Nombre** | **Tipo** | **Descripción** | **Hereda de…** |
|  | Abstracta, Final,… | ¿Para qué sirve? |  |
| ***Responsabilidades*** | | | |
| **Número** | **Descripción** | | |
|  |  | | |
|  |  | | |
| ***Métodos*** | | | |
| **Acceso | Modo** | **Tipo de Retorno** | **Nombre** | **Parámetros y tipos** |
| (Público, Protegido, Privado)|(Abstracto, Virtual, Estático) |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| ***Atributos*** | | | |
| **Acceso** | **Modo** | **Tipo o Clase** | **Nombre** |
| (Público, Protegido, Privado) | (Estático, Final) |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| **Observaciones** | | | |
| Cualquier comentario adicional a la clase... | | | |

En caso de ser un proyecto hecho en parejas, conviene indicar adicionalmente en estas tablas quien ha sido el autor de esta clase.

# Desarrollo de las Pruebas

## Pruebas Unitarias

Describir aquí el resultado de las pruebas unitarias que ya hemos diseñado y descrito anteriormente, así como los resultados obtenidos y las actuaciones que hemos llevado a cabo ante los errores y problemas encontrados.

## Pruebas de Integración y del Sistema

Ejecutamos las pruebas funcionales ya diseñadas anteriormente y anotamos el resultado que obtenemos, comparándolo con el que especificamos anteriormente. Podemos hacerlo a partir de una tabla modificada de la anterior como ésta (si es más sencillo, puede hacerse con pequeñas tablas independientes para cada caso):

|  |  |
| --- | --- |
| ***Caso de Uso 1.1: Añadir Usuario*** | |
| **Prueba** | **Resultado Esperado** |
| Añadir un usuario no existente | El sistema posee un usuario más |
|  | **Resultado Obtenido** |
|  | El sistema efectivamente posee un usuario más |
| **Prueba** | **Resultado Esperado** |
| Añadir un usuario que ya existe | El sistema no posee un usuario más y se muestra un dialogo notificándolo |
|  | **Resultado Obtenido** |
|  |  |
| **Prueba** | **Resultado Esperado** |
| Cancelar la Operación | El sistema permanece sin cambios. |
|  | **Resultado Obtenido** |
|  |  |

## Pruebas de Usabilidad y Accesibilidad

### Pruebas de Usabilidad

A partir de los cuestionarios que se diseñaron anteriormente y de los procedimientos explicados, mostramos aquí el resultado de aplicarlos sobre todos los usuarios que hayamos empleado para estas pruebas.

Es muy importante a su vez indicar los cambios producidos en la interfaz a partir de las sugerencias recogidas por los usuarios. Una forma adecuada de representar esto sería poner la pantalla inicial y poner la pantalla después de los cambios efectuados.

Además de los cuestionarios diseñados anteriormente, podemos pasar esta guía de usabilidad desarrollada por Yusef Hassan Montero [Hassan08] (<http://www.nosolousabilidad.com/articulos/heuristica.htm>):

|  |  |
| --- | --- |
| **Criterios** | **¿Cumplido?** |
| ***Generales*** | |
| **¿Cuáles son los objetivos del sitio web? ¿Son concretos y bien definidos? ¿Los contenidos y servicios que ofrece se corresponden con esos objetivos?** | **SI** |
| **¿Tiene una URL correcta, clara y fácil de recordar? ¿Y las URL de sus páginas internas? ¿Son claras y permanentes?** |  |
| **¿Muestra de forma precisa y completa qué contenidos o servicios ofrece realmente el sitio web?** El diseño de la página de inicio debe ser diferente al resto de páginas y cumplir la función de 'escaparate' del sitio. |  |
| **¿La estructura general del sitio web está orientada al usuario?** Los sitios web deben estructurarse pensando en el usuario, sus objetivos y necesidades. La estructura interna de la empresa u organización, cómo funciona o se organiza no interesan al usuario. |  |
| **¿El *look & feel* general se corresponde con los objetivos, características, contenidos y servicios del sitio web?** Ciertas combinaciones de colores ofrecen imágenes más o menos formales, serias o profesionales. |  |
| **¿Es coherente el diseño general del sitio web?** Se debe mantener una coherencia y uniformidad en las estructuras y colores de todas las páginas. Esto sirve para que el usuario no se desoriente en su navegación. |  |
| **¿Es reconocible el diseño general del sitio web**? Cuánto más se parezca el sitio web al resto de sitios web, más fácil será de usar. |  |
| **¿El sitio web se actualiza periódicamente? ¿Indica cuándo se actualiza**? Las fechas que se muestren en la página deben corresponderse con actualizaciones, noticias, eventos...no con la fecha del sistema del usuario. |  |
| ***Identidad e Información*** | |
| **¿Se muestra claramente la identidad de la empresa-sitio a través de todas las páginas?** |  |
| El Logotipo, **¿es significativo, identificable y suficientemente visible?** |  |
| El eslogan o *tagline*, **¿expresa realmente qué es la empresa y qué servicios ofrece?** |  |
| **¿Se ofrece algún enlace con información sobre la empresa, sitio web, 'webmaster',...?** |  |
| **¿Se proporciona mecanismos para ponerse en contacto con la empresa?** (email, teléfono, dirección postal, fax...) |  |
| **¿Se proporciona información sobre la protección de datos de carácter personal de los clientes o los derechos de autor de los contenidos del sitio web?** |  |
| En artículos, noticias, informes... **¿Se muestra claramente información sobre el autor, fuentes y fechas de creación y revisión del documento?** |  |
| ***Lenguaje y Redacción*** | |
| **¿El sitio web habla el mismo lenguaje que sus usuarios?** Se debe evitar usar un lenguaje corporativista. Así mismo, hay que prestarle especial atención al idioma, y ofrecer versiones del sitio en diferentes idiomas cuando sea necesario. |  |
| **¿Emplea un lenguaje claro y conciso?** |  |
| **¿Es amigable, familiar y cercano?** Es decir, lo contrario a utilizar un lenguaje constantemente imperativo, mensajes crípticos, o tratar con "desprecio" al usuario. |  |
| **¿1 párrafo = 1 idea?** Cada párrafo es un objeto informativo. Trasmita ideas, mensajes...Se deben evitar párrafos vacíos o varios mensajes en un mismo párrafo. |  |
| ***Rotulado*** | |
| Los rótulos, **¿son significativos?** Ejemplo: evitar rótulos del tipo "haga clic aquí". |  |
| **¿Usa rótulos estándar?** Siempre que exista un "estándar" comúnmente aceptado para el caso concreto, como "Mapa del Sitio" o "Acerca de...". |  |
| **¿Usa un único sistema de organización, bien definido y claro?** No se deben mezclar diferentes. Los sistemas de organización son: alfabético, geográfico, cronológico, temático, orientado a tareas, orientado al público y orientado a metáforas. |  |
| **¿Utiliza un sistema de rotulado controlado y preciso?** Por ejemplo, si un enlace tiene el rótulo "Quiénes somos", no puede dirigir a una página cuyo encabezamiento sea "Acerca de" |  |
| El título de las páginas, **¿Es correcto? ¿Ha sido planificado?** Relacionado con la capacidad para poder buscar y encontrar el sitio *web*. |  |
| ***Estructura y Navegación*** | |
| La estructura de organización y navegación, **¿Es la más adecuada?** Hay varios tipos de estructuras: jerárquicas, hipertextual, facetada,... |  |
| En el caso de estructura jerárquica, **¿Mantiene un equilibrio entre Profundidad y Anchura?** |  |
| En el caso de ser puramente hipertextual, **¿Están todos los clúster de nodos comunicados?** Aquí se mide la distancia entre nodos. |  |
| **¿Los enlaces son fácilmente reconocibles como tales?** **¿Su caracterización indica su estado (visitados, activos,...)?** Los enlaces no sólo deben reconocerse como tales, sino que su caracterización debe indicar su estado, y ser reconocidos como una unidad |  |
| En menús de navegación, **¿Se ha controlado el número de elementos y de términos por elemento para no producir sobrecarga memorística?** No se deben superar los 7±2 elementos, ni los 2 o, como mucho, 3 términos por elemento. |  |
| **¿Es predecible la respuesta del sistema antes de hacer clic sobre el enlace?** Relacionado con el nivel de significación del rótulo del enlace, aunque también con: el uso de globos de texto, información contextual, la barra de estado del navegador,... |  |
| **¿Se ha controlado que no haya enlaces que no llevan a ningún sitio?** Enlaces que no llevan a ningún sitio: Los enlaces rotos, y los que enlazan con la misma página que se está visualizando (por ejemplo enlaces a la "home" desde la misma página de inicio) |  |
| **¿Existen elementos de navegación que orienten al usuario acerca de dónde está y cómo deshacer su navegación?** ...como *breadcrumbs*, enlaces a la página de inicio,...recuerde que el logo también es recomendable que enlace con la página de inicio. |  |
| Las imágenes enlace, **¿se reconocen como clicables? ¿Incluyen un atributo 'title' describiendo la página de destino?** En este sentido, también hay que cuidar que no haya imágenes que parezcan enlaces y en realidad no lo sean. |  |
| **¿Se ha evitado la redundancia de enlaces?** |  |
| **¿Se ha controlado que no haya páginas "huérfanas"?** Páginas huérfanas: que aún siendo enlazadas desde otras páginas, éstas no enlacen con ninguna. |  |
| ***Layout de la Página*** | |
| **¿Se aprovechan las zonas de alta jerarquía informativa de la página para contenidos de mayor relevancia?** (como por ejemplo la zona central) |  |
| **¿Se ha evitado la sobrecarga informativa**? Esto se consigue haciendo un uso correcto de colores, efectos tipográficos y agrupaciones para discriminar información. Los grupos diferentes de objetos informativos de una página deben ser 7±2. |  |
| **¿Es una interfaz limpia, sin ruido visual?** |  |
| **¿Existen zonas en "blanco" entre los objetos informativos de la página para poder descansar la vista?** |  |
| **¿Se hace un uso correcto del espacio visual de la página?** Es decir, que no se desaproveche demasiado espacio con elementos de decoración, o grandes zonas en "blanco", y que no se adjudique demasiado espacio a elementos de menor importancia. |  |
| **¿Se utiliza correctamente la jerarquía visual para expresar las relaciones del tipo "parte de" entre los elementos de la página?** (La jerarquía visual se utiliza para orientar al usuario) |  |
| **¿Se ha controlado la longitud de página?** Se debe evitar en la medida de lo posible el *scrolling*. Si la página es muy extensa, se debe fraccionar. |  |
| ***Búsqueda (si es necesario, por la extensión del sitio, incorporar un buscador interno)*** | |
| **¿Se encuentra fácilmente accesible?** Es decir: directamente desde la home, y a ser posible desde todas las páginas del sitio, y colocado en la zona superior de la página. |  |
| **¿Es fácilmente reconocible como tal?** |  |
| **¿Permite la búsqueda avanzada?** (siempre y cuando, por las características del sitio web, fuera de utilidad que la ofreciera) |  |
| **¿Muestra los resultados de la búsqueda de forma comprensible para el usuario?** |  |
| **¿La caja de texto es lo suficientemente ancha?** |  |
| **¿Asiste al usuario en caso de no poder ofrecer resultados para una consultada dada?** |  |
| ***Elementos Multimedia*** | |
| **¿Las fotografías están bien recortadas? ¿Son comprensibles? ¿Se ha cuidado su resolución?** |  |
| **¿Las metáforas visuales son reconocibles y comprensibles por cualquier usuario?** (prestar especial atención a usuarios de otros países y culturas) |  |
| **¿El uso de imágenes o animaciones proporciona algún tipo de valor añadido?** |  |
| **¿Se ha evitado el uso de animaciones cíclicas?** |  |
| ***Ayuda*** | |
| Si posee una sección de Ayuda, **¿Es verdaderamente necesaria?** Siempre que se pueda prescindir de ella simplificando los elementos de navegación e interacción, debe omitirse esta sección. |  |
| En enlace a la sección de Ayuda, **¿Está colocado en una zona visible y "estándar"?** La zona de la página más normal para incluir el enlace a la sección de Ayuda, es la superior derecha. |  |
| **¿Se ofrece ayuda contextual en tareas complejas?** (transferencias bancarias, formularios de registro...) |  |
| Si posee *FAQs*, **¿Es correcta tanto la elección como la redacción de las preguntas? ¿Y las respuestas?** |  |
| ***Accesibilidad (debería cubrirse con los test de Accesibilidad posteriores)*** | |
| **¿El tamaño de fuente se ha definido de forma relativa, o por lo menos, la fuente es lo suficientemente grande como para no dificultar la legibilidad del texto?** |  |
| **¿El tipo de fuente, efectos tipográficos, ancho de línea y alineación empleadas facilitan la lectura?** |  |
| **¿Existe un alto contraste entre el color de fuente y el fondo?** |  |
| **¿Incluyen las imágenes atributos 'alt' que describan su contenido?** |  |
| **¿Es compatible el sitio web con los diferentes navegadores?** **¿Se visualiza correctamente con diferentes resoluciones de pantalla?** Se debe prestar atención a: *JScript*, *CSS*, tablas, fuentes... |  |
| **¿Puede el usuario disfrutar de todos los contenidos del sitio web sin necesidad de tener que descargar e instalar *plugins* adicionales?** |  |
| **¿Se ha controlado el peso de la página?** Se deben optimizar las imágenes, controlar el tamaño del código *JScript*... |  |
| **¿Se puede imprimir la página sin problemas?** Leer en pantalla es molesto, por lo que muchos usuarios preferirán imprimir las páginas para leerlas. Se debe asegurar que se puede imprimir la página (no salen partes cortadas), y que el resultado es legible. |  |
| ***Control y Retroalimentación*** | |
| **¿Tiene el usuario todo el control sobre el interfaz?** Se debe evitar el uso de ventanas pop-up, ventanas que se abren a pantalla completa, banners intrusivos... |  |
| **¿Se informa constantemente al usuario acerca de lo que está pasando?** Si el usuario tiene que esperar hasta que se termine una operación, se debe mostrar un mensaje indicándoselo y que debe esperar, con el tiempo de espera estimado o una barra de progreso. |  |
| **¿Se informa al usuario de lo que ha pasado?** Por ejemplo, cuando un usuario valora un artículo o responde a una encuesta, se le debe informar de que su voto ha sido procesado correctamente. |  |
| Cuando se produce un error, **¿se informa de forma clara y no alarmista al usuario de lo ocurrido y de cómo solucionar el problema?** Siempre es mejor intentar evitar que se produzcan errores a tener que informar al usuario del error. |  |
| **¿Posee el usuario libertad para actuar?** NO restringir la libertad del usuario: Uso de animaciones que no pueden ser "saltadas", páginas en las que desaparecen los botones de navegación, no impida al usuario poder usar el botón derecho de su ratón... |  |
| **¿Se ha controlado el tiempo de respuesta?** Esto tiene que ver con el peso de cada página (accesibilidad) y tiene relación con el tiempo que tarda el servidor en finalizar una tarea y responder. El tiempo máximo que esperará un usuario son 10 segundos |  |
| ***Aclaraciones*** | |
| **¿Se ha evaluado adecuadamente la orientación del usuario?** (Donde estoy, como volver, que he visitado, que va a pasar)[[2]](#footnote-2) |  |
| **¿Se ha usado correctamente la publicidad?**[[3]](#footnote-3) |  |

Tras rellenar esta tabla se deben poner a continuación una enumeración de todas aquellas aclaraciones y/o observaciones que queramos hacer acerca de la misma.

### Pruebas de Accesibilidad

A continuación se detallan las tareas que se recomiendan hacer para asegurarnos de que el programa creado cumple con los estándares de accesibilidad. Esta sección está muy enfocada a proyectos web, pero algunas ideas pueden extrapolarse a programas de escritorio en caso necesario. Un proyecto debería hacer una evaluación de conformidad completa del mismo, pero se ha incluido un procedimiento más abreviado (revisión preliminar) para aquellos casos que por alguna razón se necesite pasar un procedimiento más rápido o menos exhaustivo. Una forma de proceder es hacer la revisión preliminar y, una vez superada arreglando todos los defectos encontrados, intentar ir a por la evaluación de conformidad completa, que permitirá reutilizar todo el estudio hecho en la revisión preliminar para hacerla.

#### Revisión Preliminar

Como paso previo a hacer los pasos descritos, es necesario enumerar el material utilizado para ello, como navegadores (*IE*, *Firefox*,…), lectores de pantalla o cualquier otra herramienta usada para hacer las pruebas.

**Paso 1. Selección de un grupo de páginas representativo de la aplicación**

Para pasar las pruebas de accesibilidad es necesario escoger una muestra de páginas de la aplicación representativa para así no tener que someter a toda la aplicación al proceso de revisión. Una muestra representativa está formada por:

* La página de entrada al sitio / principal / home
* Páginas con distinta organización y funcionalidad, como por ejemplo:
  + Páginas con tablas
  + Páginas con formularios
  + Páginas con diagramas o gráficos
  + Páginas con scripts o aplicaciones
  + Páginas con resultados generados dinámicamente (por ejemplo, con un gestor de contenidos)

**Paso 2. Examinar las páginas usando un navegador gráfico**

Esta actividad comprende las siguientes operaciones:

* Desactivar las imágenes y probar como queda el aspecto de la aplicación. Se puede hacer fácilmente mediante el menú “*Images*” de la “*Web Developer Extension*” de *Firefox* de la que se habló anteriormente.
* Apagar los altavoces (si la página tuviese alguna clase de narración oral o sonido)
* Cambiar el tamaño del texto y comprobar que sigue siendo usable (muchos navegadores permiten hacer esto fácilmente con *CTRL + Rueda del ratón*).
* Cambiar solamente el tamaño de letra de la página para ver cómo se comporta. En *Firefox* podemos ir a “Herramientas – Opciones – Contenido”, aunque también podemos hacerlo cambiando la *CSS* de la propia página si el navegador no soporta esta opción. Si un tamaño de letra estándar es 16, se puede probar con un tamaño mínimo (9) y un máximo (72) para ver qué ocurre. Posteriormente podemos hacer pruebas con dos tamaños intermedios (32 y 48), para ver qué ocurriría con nuestra página si los usuarios necesitan un tamaño de letra muy superior al estándar.
* Cambiar la resolución y el tamaño de la ventana (verificando que no es necesario el *scroll* horizontal). Esto puede hacerse fácilmente con el *plugin* “*Web Developer Extension*” de *Firefox*. Este *plugin*, una vez instalado tiene una opción “*Resize*”. Mediante su sub-opción “*Edit Resize Dimensions*” podemos introducir nuevas resoluciones que podemos usar para comprobar cómo se comporta nuestra aplicación ante ellas. Resoluciones interesantes a probar son: 800x600, 1024x768, 1152x864, 1280x720, 1280x768, 1280x960, 1280x1024 y 1600x1200. Las resoluciones a probar están condicionadas por la máxima resolución de nuestro monitor, por lo que se recomienda poner el mismo a la máxima resolución posible antes de hacer estas pruebas.
* Relacionado con lo anterior, también se recomienda, si es posible, comprobar cómo se ve nuestra aplicación en múltiples tamaños de pantalla (15 pulgadas, 17 pulgadas,…). Otra posible prueba es redimensionar la página múltiples veces (probando a hacerla cada vez más grande y cada vez más pequeña) para ver cómo se comporta su contenido ante esta situación. Si el aspecto de la página se estropea por ello, entonces habremos encontrado un problema.
* Probar a visualizar la página sin sus hojas de estilo *CSS* para asegurarse de que aún es legible y usable. Se puede hacer fácilmente mediante el menú “*CSS*” de la “*Web Developer Extension*” de *Firefox* de la que se habló anteriormente.
* Probar a visualizar la página usando una escala de grises. Para esto podemos usar la herramienta web *GrayBit* (<http://graybit.com/main.php>).
* Usar el teclado para navegar a través de los enlaces y controles de formularios, usando *Tab* para desplazarse.

Herramientas útiles para comprobar estos aspectos pueden ser:

* *AIS Toolbar* para *Internet Explorer* y *Opera*
* *WAVE Toolbar* para *Firefox*, *Internet Explorer* y *Netscape*
* *Web Developer Extension* para *Firefox (*recomendada*)*

**Paso 3. Examinar las páginas usando uno o varios navegadores especializados**

Es muy necesario comprobar cómo nuestras páginas se comportan ante diferentes clases de navegadores, como por ejemplo:

* Navegadores por voz como *Firevox* (<http://firevox.clcworld.net/>) (gratuito) o *JAWS* (<http://www.freedomscientific.com/jaws-hq.asp>). También puede encontrarse una lista de herramientas similares aquí: <http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_screen_readers>
* Navegadores de texto como *Lynx*. Si se trabaja en *Windows* es posible ejecutarlo usando *Cygwin*.

En estos navegadores es necesario verificar que la información transmitida por ambos tipos es similar a la mostrada en el navegador gráfico y asegurarse de que el orden en el que se transmite dicha información es coherente.

Por otro lado, también es conveniente probar la página con diferentes navegadores (*IE*, *Firefox*, *Opera*, *Chrome*,…) y con distintas versiones de cada navegador. Aunque podría hacerse mediante *VMware*, instalar un gran nº de navegadores y versiones de los mismos es muy costoso. No obstante, una herramienta que nos proporcionará fácilmente acceso a un elevadísimo número de navegadores distintos, con múltiples versiones de cada uno y con distintos sistemas operativos, es *BrowserShots* (<http://browsershots.org/>). En esta página *Web* podremos introducir la *URL* de nuestro sitio (en caso de que no la tengamos disponible se puede probar con la *IP* de la máquina de desarrollo, asegurándose de que es accesible). Esto invocará a un servicio *web* que distribuirá la petición a múltiples máquinas con distintos navegadores instalados, devolviéndonos las capturas de pantalla en todos y cada uno de esos navegadores de nuestro sitio web, transcurrido un tiempo de proceso de la petición (en función de la hora del día y de la carga de trabajo del servicio puede tardar bastante). Si no cerramos la página o cancelamos la petición y tenemos paciencia, una vez terminado el proceso tendremos imágenes de nuestra web en multitud de navegadores y SO diferentes fácilmente, algo que de otra manera nos supondría un coste muy elevado. Debido al coste en tiempo de esta herramienta, se recomienda hacerlo con la versión final del interfaz de la aplicación.

**Paso 4. Utilizar herramientas automáticas de evaluación de accesibilidad**

Este último paso consiste en pasar a la muestra de páginas seleccionadas herramientas de evaluación automática de la accesibilidad como:

* *TAW* (<http://www.tawdis.net/taw3/cms/es>)
* *HERA* (<http://www.sidar.org/hera/index.php.en>)
* *EvalAccess* (<http://sipt07.si.ehu.es/evalaccess2/index.html>)
* *WAVE* (<http://wave.webaim.org/>)

Debemos tener en cuenta:

* Que hay que pasar un mínimo de dos herramientas de esta clase.
* Que sólo pueden probar algunos aspectos de la accesibilidad. Una vez eliminados todos los errores de comprobación automática de la página, debemos hacer todo lo posible por eliminar todos los de comprobación manual (de todas las herramientas pasadas).

**Paso 5. Resumen de resultados**

Finalmente, se incluirá un pequeño informe final con los siguientes aspectos:

* Tipos de problemas encontrados, como se han resuelto y aspectos positivos de la página.
* Indicar como se detectó cada problema.

#### Evaluación de Conformidad

La evaluación de conformidad combina la evaluación manual de la página con la evaluación semiautomática. Se suele emplear cuando se desarrolla un sitio nuevo o bien cuando se evalúa un sitio existente. En el caso de un TFG, debemos intentar pasar una evaluación de conformidad completa al sitio para considerar que realmente ha hecho un esfuerzo adecuado por lograr un nivel de accesibilidad óptimo.

**Paso 1. Determinar el alcance de la evaluación**

Este paso contempla:

* Definir y divulgar el nivel deseado de conformidad *WCAG 1.0* (*A*, *AA*, *AAA*). Se recuerda que las web destinadas a la administración pública deben tener al menos un nivel AA, siendo este un nivel mínimo exigible en un TFG. También pueden emplearse las normas *WCAG 2.0*. El siguiente enlace proporciona información de cómo pasar de la versión 1.0 a la versión 2.0 de forma resumida: <http://www.w3.org/WAI/WCAG20/from10/comparison/>
* Seleccionar un conjunto representativo de páginas para la evaluación manual, siguiendo el criterio expuesto en la revisión preliminar.

**Paso 2. Utilizar herramientas de evaluación automática de accesibilidad**

Este paso contempla:

* Validar los lenguajes utilizados (*HTML*, *CSS*,…) con las herramientas adecuadas que existan para ello. La “*Web Developer Extension*” de *Firefox* posee opciones para ello.
* Usar al menos dos herramientas de evaluación automática en la muestra de páginas seleccionada (ver la revisión preliminar). También se debe usar al menos 1 herramienta en la totalidad del sitio.
* Anotar y resolver los problemas encontrados.

**Paso 3. Evaluar manualmente la muestra de páginas**

Para ello debemos:

* Utilizar el *checklist* de puntos de control del *WCAG* que aparecerá tras esta explicación, según versión. Como es mucho más probable que en los TFG se use la versión 1.0 de las normas, al final de esta sección se ha incluido este *checklist* adaptado a *Word* y listo para rellenarse:
  + *WCAG 1.0*: <http://www.w3.org/TR/WCAG10/full-checklist.html>
  + *WCAG 2.0*: <http://www.w3.org/TR/2006/WD-WCAG20-20060427/appendixB.html>
* Examinar las páginas con al menos 3 navegadores gráficos en diferentes versiones y en diferentes plataformas (para lo cual puede usarse el servicio *web* *Browsershots* ya visto). Tener en cuenta especialmente estos puntos, que son una lista extendida de los que se enunciaron en la revisión preliminar. Para su comprobación podemos usar las mismas herramientas y procedimientos recomendados en dicha sección:
  + Desactivar las imágenes y probar como queda el aspecto de la aplicación. Se puede hacer fácilmente mediante el menú “*Images*” de la “*Web Developer Extension*” de *Firefox* de la que se habló anteriormente.
  + Apagar los altavoces (si la página tuviese alguna clase de narración oral o sonido)
  + Cambiar el tamaño del texto y comprobar que sigue siendo usable (muchos navegadores permiten hacer esto fácilmente con *CTRL + Rueda del ratón*).
  + Cambiar solamente el tamaño de letra de la página para ver cómo se comporta. En *Firefox* podemos ir a “Herramientas – Opciones – Contenido”, aunque también podemos hacerlo cambiando la *CSS* de la propia página si el navegador no soporta esta opción. Si un tamaño de letra estándar es 16, se puede probar con un tamaño mínimo (9) y un máximo (72) para ver qué ocurre. Posteriormente podemos hacer pruebas con dos tamaños intermedios (32 y 48), para ver qué ocurriría con nuestra página si los usuarios necesitan un tamaño de letra muy superior al estándar.
  + Cambiar la resolución y el tamaño de la ventana (verificando que no es necesario el *scroll* horizontal). Esto puede hacerse fácilmente con el *plugin* “*Web Developer Extension*” de *Firefox*. Este *plugin*, una vez instalado tiene una opción “*Resize*”. Mediante su sub-opción “*Edit Resize Dimensions*” podemos introducir nuevas resoluciones que podemos usar para comprobar cómo se comporta nuestra aplicación ante ellas. Resoluciones interesantes a probar son: 800x600, 1024x768, 1152x864, 1280x720, 1280x768, 1280x960, 1280x1024 y 1600x1200. Las resoluciones a probar están condicionadas por la máxima resolución de nuestro monitor, por lo que se recomienda poner el mismo a la máxima resolución posible antes de hacer estas pruebas.
  + Relacionado con lo anterior, también se recomienda, si es posible, comprobar cómo se ve nuestra aplicación en múltiples tamaños de pantalla (15 pulgadas, 17 pulgadas,…). Otra posible prueba es redimensionar la página múltiples veces (probando a hacerla cada vez más grande y cada vez más pequeña) para ver cómo se comporta su contenido ante esta situación. Si el aspecto de la página se estropea por ello, entonces habremos encontrado un problema.
  + Probar a visualizar la página sin sus hojas de estilo *CSS* para asegurarse de que aún es legible y usable. Se puede hacer fácilmente mediante el menú “*CSS*” de la “*Web Developer Extension*” de *Firefox* de la que se habló anteriormente.
  + Probar a visualizar la página usando una escala de grises. Para esto podemos usar la herramienta web *GrayBit* (<http://graybit.com/main.php>). En lo referente a colores, también debemos usar herramientas de verificación de color:
    - ***Color Contrast Analyzer*** ([http://www.visionaustralia.org.au/info.aspx ?page=628](http://www.visionaustralia.org.au/info.aspx%20?page=628)): permite verificar que los colores de fondo y texto de una imagen o página web contrastan lo suficiente para ser distinguibles por cualquier persona, según los algoritmos desarrollados por el W3C.
    - ***Vischeck*** (<http://www.vischeck.com/>): muestra como ven una página web personas con distintos tipos de daltonismo: deuteranopia, protanopia y tritanopia.
  + Usar el teclado para navegar a través de los enlaces y controles de formularios, usando *Tab* para desplazarse.
  + Desactivar *scripts*, *applets*, *Flash*, etc. y comprobar que la página sigue siendo navegable. Para esto es especialmente útil el *plugin* *NoScript* de *Firefox*
* Examinar las páginas usando uno o varios navegadores especializados: al menos uno de texto y uno de voz (ver revisión preliminar).
* Leer y evaluar el contenido de las páginas, para buscar texto no claro o incongruente. Sobre todo debe primar que el texto de las páginas sea lo más claro posible.

**Paso 4. Elaborar el informe de conclusiones**

Finalmente se incluirá un informe de conclusiones que contemplará los siguientes aspectos:

* Resumen de los principales problemas encontrados y la solución dada a los mismos
* Resumen de los aspectos positivos que potencian la accesibilidad de la página
* Recomendación de fututas actividades para mejorar la accesibilidad de la página:
  + Reparación de barreras de accesibilidad encontradas y que no hayan podido ser solucionadas del todo o adecuadamente.
  + Ampliación de aspectos positivos de accesibilidad
  + Monitorización del sitio.

Por último, a modo de resumen se destacan aquí algunos aspectos muy importantes que no deben dejarse nunca de lado cuando se desarrolla una página, para minimizar los problemas cuando se haga una revisión de cualquier clase sobre la misma. No obstante, todo esto se contempla en el *checklist* del *WCAG*:

* Poner un texto alternativo para las imágenes
* Poner texto alternativo en los hipervínculos
* Revisar los formularios una vez creados (navegación, claridad)
* Marcos: títulos en los marcos y existencia de *tags* *<noframes>*
* Desactivar *scripts* y *Flash* y comprobar que la página no pierde funcionalidades
* Navegar sólo con el teclado y comprobar que se puede acceder a todo el sitio.
* Hacer especial hincapié en la revisión de la página de inicio (más importante).

#### Checklist del WCAG 1.0

La siguiente tabla es el *checklist* que el *WCAG* proporciona para verificar las pautas de accesibilidad de la aplicación *web*, pero adaptado a *Word* para poder ser editado fácilmente. Cada punto tiene antes un hiperenlace que va directamente a la web del *WCAG* para proporcionar explicaciones adicionales sobre el mismo (que pueden ir bien para arreglar los problemas detectados).

**Puntos de verificación Prioridad 1:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **En general (Prioridad 1)** | **Sí** | **No** | **N/A** |
| [1.1](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-text-equivalent) Proporcione un texto equivalente para todo elemento no textual (Por ejemplo, a través de "alt", "longdesc" o en el contenido del elemento). *Esto incluye:* imágenes, representaciones gráficas del texto, mapas de imagen, animaciones (Por ejemplo, *GIFs* animados), "applets" y objetos programados, "ascii art", marcos, scripts, imágenes usadas como viñetas en las listas, espaciadores, botones gráficos, sonidos (ejecutados con o sin interacción del usuario), archivos exclusivamente auditivos, banda sonora del vídeo y vídeos. |  | **X** |  |
| [2.1](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-color-convey) Asegúrese de que toda la información transmitida a través de los colores también esté disponible sin color, por ejemplo mediante el contexto o por marcadores. | **X** |  |  |
| [4.1](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-identify-changes) Identifique claramente los cambios en el idioma del texto del documento y en cualquier texto equivalente (por ejemplo, leyendas). |  |  | **X** |
| [6.1](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-order-style-sheets) Organice el documento de forma que pueda ser leído sin hoja de estilo. Por ejemplo, cuando un documento HTML es interpretado sin asociarlo a una hoja de estilo, tiene que ser posible leerlo. |  |  |  |
| [6.2](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-dynamic-source) Asegúrese de que los equivalentes de un contenido dinámico son actualizados cuando cambia el contenido dinámico. |  |  |  |
| [7.1](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-avoid-flicker) Hasta que las aplicaciones de usuario permitan controlarlo, evite provocar destellos en la pantalla. |  |  |  |
| [14.1](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-simple-and-straightforward) Utilice el lenguaje apropiado más claro y simple para el contenido de un sitio. |  |  |  |
| **Y si utiliza imágenes y mapas de imagen (Prioridad 1)** | **Sí** | **No** | **N/A** |
| [1.2](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-redundant-server-links) Proporcione vínculos redundantes en formato texto para cada zona activa de un mapa de imagen del servidor. |  |  |  |
| [9.1](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-client-side-maps) Proporcione mapas de imagen controlados por el cliente en lugar de por el servidor, excepto donde las zonas sensibles no puedan ser definidas con una forma geométrica. |  |  |  |
| **Y si utiliza tablas (Prioridad 1)** | **Sí** | **No** | **N/A** |
| [5.1](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-table-headers) En las tablas de datos, identifique los encabezamientos de fila y columna. |  |  |  |
| [5.2](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-table-structure) Para las tablas de datos que tienen dos o más niveles lógicos de encabezamientos de fila o columna, utilice marcadores para asociar las celdas de encabezamiento y las celdas de datos. |  |  |  |
| **Y si utiliza marcos ("frames") (Prioridad 1)** | **Sí** | **No** | **N/A** |
| [12.1](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-redundant-server-links1) Titule cada marco para facilitar su identificación y navegación. |  |  |  |
| **Y si utiliza "applets" y "scripts" (Prioridad 1)** | **Sí** | **No** | **N/A** |
| [6.3](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-scripts) Asegure que las páginas sigan siendo utilizables cuando se desconecten o no se soporten los scripts, *applets* u otros objetos programados. Si esto no es posible, proporcione información equivalente en una página alternativa accesible. |  |  |  |
| **Y si utiliza multimedia (Prioridad 1)** | **Sí** | **No** | **N/A** |
| [1.3](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-auditory-descriptions) Hasta que las aplicaciones de usuario puedan leer en voz alta automáticamente el texto equivalente de la banda visual, proporcione una descripción auditiva de la información importante de la banda visual de una presentación multimedia. |  |  |  |
| [1.4](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-synchronize-equivalents) Para toda presentación multimedia dependiente del tiempo (por ejemplo, una película o animación) sincronice alternativas equivalentes (por ejemplo, subtítulos o descripciones de la banda visual) con la presentación. |  |  |  |
| **Y si todo lo demás falla (Prioridad 1)** | **Sí** | **No** | **N/A** |
| [11.4](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-alt-pages) Si, después de los mayores esfuerzos, no puede crear una página accesible, proporcione un vínculo a una página alternativa que use tecnologías *W3C*, sea accesible, tenga información (o funcionalidad) equivalente y sea actualizada tan a menudo como la página (original) inaccesible. |  |  |  |

**Puntos de verificación Prioridad 2:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **En general (Prioridad 2)** | **Sí** | **No** | **N/A** |
| [2.2](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-color-contrast) Asegúrese de que las combinaciones de los colores de fondo y primer plano tengan el suficiente contraste para que sean percibidas por personas con deficiencias de percepción de color o en pantallas en blanco y negro [Prioridad 2 para las imágenes. Prioridad 3 para los textos]. |  |  |  |
| [3.1](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-use-markup) Cuando exista un marcador apropiado, use marcadores en vez de imágenes para transmitir la información. |  |  |  |
| [3.2](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-identify-grammar) Cree documentos que estén validados por las gramáticas formales publicadas. |  |  |  |
| [3.3](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-style-sheets) Utilice hojas de estilo para controlar la maquetación y la presentación. |  |  |  |
| [3.4](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-relative-units) Utilice unidades relativas en lugar de absolutas al especificar los valores en los atributos de los marcadores de lenguaje y en los valores de las propiedades de las hojas de estilo. |  |  |  |
| [3.5](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-logical-headings) Utilice elementos de encabezado para transmitir la estructura lógica y utilícelos de acuerdo con la especificación. |  |  |  |
| [3.6](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-list-structure) Marque correctamente las listas y los ítems de las listas. |  |  |  |
| [3.7](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-quotes) Marque las citas. No utilice el marcador de citas para efectos de formato tales como sangrías. |  |  |  |
| [6.5](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-fallback-page) Asegúrese de que los contenidos dinámicos son accesibles o proporcione una página o presentación alternativa. |  |  |  |
| [7.2](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-avoid-blinking) Hasta que las aplicaciones de usuario permitan controlarlo, evite el parpadeo del contenido (por ejemplo, cambio de presentación en periodos regulares, así como el encendido y apagado). |  |  |  |
| [7.4](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-no-periodic-refresh) Hasta que las aplicaciones de usuario proporcionen la posibilidad de detener las actualizaciones, no cree páginas que se actualicen automáticamente de forma periódica. |  |  |  |
| [7.5](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-no-auto-forward) Hasta que las aplicaciones de usuario proporcionen la posibilidad de detener el redireccionamiento automático, no utilice marcadores para redirigir las páginas automáticamente. En su lugar, configure el servidor para que ejecute esta posibilidad. |  |  |  |
| [10.1](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-avoid-pop-ups) Hasta que las aplicaciones de usuario permitan desconectar la apertura de nuevas ventanas, no provoque apariciones repentinas de nuevas ventanas y no cambie la ventana actual sin informar al usuario. |  |  |  |
| [11.1](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-latest-w3c-specs) Utilice tecnologías *W3C* cuando estén disponibles y sean apropiadas para la tarea y use las últimas versiones que sean soportadas. |  |  |  |
| [11.2](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-avoid-deprecated) Evite características desaconsejadas por las tecnologías *W3C*. |  |  |  |
| [12.3](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-group-information) Divida los bloques largos de información en grupos más manejables cuando sea natural y apropiado. |  |  |  |
| [13.1](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-meaningful-links) Identifique claramente el objetivo de cada vínculo. |  |  |  |
| [13.2](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-use-metadata) Proporcione metadatos para añadir información semántica a las páginas y sitios. |  |  |  |
| [13.3](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-site-description) Proporcione información sobre la maquetación general de un sitio (por ejemplo, mapa del sitio o tabla de contenidos). |  |  |  |
| [13.4](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-clear-nav-mechanism) Utilice los mecanismos de navegación de forma coherente. |  |  |  |
| **Y si utiliza tablas (Prioridad 2)** | **Sí** | **No** | **N/A** |
| [5.3](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-avoid-table-for-layout) No utilice tablas para maquetar, a menos que la tabla tenga sentido cuando se alinee. Por otro lado, si la tabla no tiene sentido, proporcione una alternativa equivalente (la cual debe ser una versión alineada). |  |  |  |
| [5.4](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-table-layout) Si se utiliza una tabla para maquetar, no utilice marcadores estructurales para realizar un efecto visual de formato. |  |  |  |
| **Y si utiliza marcos ("frames") (Prioridad 2)** | **Sí** | **No** | **N/A** |
| [12.2](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-frame-longdesc) Describa el propósito de los marcos y cómo éstos se relacionan entre sí, si no resulta obvio solamente con el título del marco. |  |  |  |
| **Y si utiliza formularios (Prioridad 2)** | **Sí** | **No** | **N/A** |
| [10.2](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-unassociated-labels) Hasta que las aplicaciones de usuario soporten explícitamente la asociación entre control de formulario y etiqueta, para todos los controles de formularios con etiquetas asociadas implícitamente, asegúrese de que la etiqueta está colocada adecuadamente. |  |  |  |
| [12.4](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-associate-labels) Asocie explícitamente las etiquetas con sus controles. |  |  |  |
| **Y si utiliza "applets" y "scripts" (Prioridad 2)** | **Sí** | **No** | **N/A** |
| [6.4](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-keyboard-operable-scripts) Para los *scripts* y *applets*, asegúrese de que los manejadores de eventos sean independientes del dispositivo de entrada. |  |  |  |
| [7.3](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-avoid-movement) Hasta que las aplicaciones de usuario permitan congelar el movimiento de los contenidos, evite los movimientos en las páginas. |  |  |  |
| [8.1](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-directly-accessible) Haga los elementos de programación, tales como *scripts* y *applets*, directamente accesibles o compatibles con las ayudas técnicas [Prioridad 1 si la funcionalidad es importante y no se presenta en otro lugar; de otra manera, Prioridad 2]. |  |  |  |
| [9.2](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-keyboard-operable) Asegúrese de que cualquier elemento que tiene su propia interfaz pueda manejarse de forma independiente del dispositivo. |  |  |  |
| [9.3](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-device-independent-events) Para los "scripts", especifique manejadores de evento lógicos mejor que manejadores de eventos dependientes de dispositivos. |  |  |  |

**Puntos de verificación Prioridad 3:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **En general (Prioridad 3)** | **Sí** | **No** | **N/A** |
| [4.2](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-expand-abbr) Especifique la expansión de cada abreviatura o acrónimo cuando aparezcan por primera vez en el documento. |  |  |  |
| [4.3](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-identify-lang) Identifique el idioma principal de un documento. |  |  |  |
| [9.4](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-tab-order) Cree un orden lógico para navegar con el tabulador a través de vínculos, controles de formulario y objetos. |  |  |  |
| [9.5](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-keyboard-shortcuts) Proporcione atajos de teclado para los vínculos más importantes (incluidos los de los mapas de imagen de cliente), los controles de formulario y los grupos de controles de formulario. |  |  |  |
| [10.5](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-divide-links) Hasta que las aplicaciones de usuario (incluidas las ayudas técnicas) interpreten claramente los vínculos contiguos, incluya caracteres imprimibles (rodeados de espacios), que no sirvan como vínculo, entre los vínculos contiguos. |  |  |  |
| [11.3](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-content-preferences) Proporcione la información de modo que los usuarios puedan recibir los documentos según sus preferencias (por ejemplo, idioma, tipo de contenido, etc.). |  |  |  |
| [13.5](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-nav-bar) Proporcione barras de navegación para destacar y dar acceso al mecanismo de navegación. |  |  |  |
| [13.6](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-group-links) Agrupe los vínculos relacionados, identifique el grupo (para las aplicaciones de usuario) y, hasta que las aplicaciones de usuario lo hagan, proporcione una manera de evitar el grupo. |  |  |  |
| [13.7](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-searches) Si proporciona funciones de búsqueda, permita diferentes tipos de búsquedas para diversos niveles de habilidad y preferencias. |  |  |  |
| [13.8](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-front-loading) Localice la información destacada al principio de los encabezamientos, párrafos, listas, etc. |  |  |  |
| [13.9](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-bundled-version) Proporcione información sobre las colecciones de documentos (por ejemplo, los documentos que comprendan múltiples páginas). |  |  |  |
| [13.10](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-skip-over-ascii) Proporcione un medio para saltar sobre un *ASCII* *art* de varias líneas. |  |  |  |
| [14.2](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-icons) Complemente el texto con presentaciones gráficas o auditivas cuando ello facilite la comprensión de la página. |  |  |  |
| [14.3](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-consistent-style) Cree un estilo de presentación que sea coherente para todas las páginas. |  |  |  |
| **Y si utiliza imágenes o mapas de imagen (Prioridad 3)** | **Sí** | **No** | **N/A** |
| [1.5](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-redundant-client-links) Hasta que las aplicaciones de usuario interpreten el texto equivalente para los vínculos de los mapas de imagen de cliente, proporcione vínculos de texto redundantes para cada zona activa del mapa de imagen de cliente. |  |  |  |
| **Y si utiliza tablas (Prioridad 3)** | **Sí** | **No** | **N/A** |
| [5.5](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-table-summaries) Proporcione resúmenes de las tablas. |  |  |  |
| [5.6](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-abbreviate-labels) Proporcione abreviaturas para las etiquetas de encabezamiento. |  |  |  |
| [10.3](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-linear-tables) Hasta que las aplicaciones de usuario (incluidas las ayudas técnicas) interpreten correctamente los textos contiguos, proporcione un texto lineal alternativo (en la página actual o en alguna otra) para todas las tablas que maquetan texto en paralelo, en columnas de palabras. |  |  |  |
| **Y si utiliza formularios (Prioridad 3)** | **Sí** | **No** | **N/A** |
| [10.4](http://www.discapnet.es/web_accesible/wcag10/WAI-WEBCONTENT-19990505_es.html#tech-place-holders) Hasta que las aplicaciones de usuario manejen correctamente los controles vacíos, incluya caracteres por defecto en los cuadros de edición y áreas de texto. |  |  |  |

#### Accesibilidad con Dispositivos Móviles

En caso de que la página a analizar esté destinada a un dispositivo móvil (o tenga una parte o una versión destinada para los mismos), se proporcionan aquí enlaces a herramientas e información útil en estos casos:

* ***W3C mobileOK Checker***: <http://validator.w3.org/mobile/>
* ***TAW Ok Basic***: <http://validadores.tawdis.net/mobileok/es>
* ***Ready.mobi***: <http://ready.mobi/launch.jsp?locale=en_EN>

Otro aspecto a tener en cuenta con estos dispositivos es que si tenemos que evaluar la página en varios de ellos puede ser muy difícil conseguir el hardware necesario. No obstante, para esto nos pueden servir emuladores de los mismos, que permitan comprobar sobre un mismo PC y de forma rápida y sencilla como se ve nuestro sitio en distintos dispositivos móviles con gran fiabilidad. Podemos pues usarlos para enriquecer nuestras pruebas de usabilidad, mostrando cómo se ve nuestra aplicación en un dispositivo móvil. Ejemplos son:

* **.mobi**: <http://mtld.mobi/emulator.php>
* ***The Openwave Phone Simulator***: [http://developer.openwave.com/dvl/tools\_and\_sdk/ phone\_simulator/](http://developer.openwave.com/dvl/tools_and_sdk/%20phone_simulator/)

Una vez pasadas las pruebas indicadas en estos enlaces (para las que también pueden tomarse ideas de las pruebas de accesibilidad anteriores), se debe hacer un informe similar a los de la sección anterior indicando:

* Tipos de problemas encontrados, como se han resuelto y aspectos positivos de la página.
* Indicar como se detectó cada problema.

## Pruebas de Rendimiento

Explicamos el desarrollo, resultados y cambios derivados de la ejecución de todas las pruebas de rendimiento que hayamos especificado para el sistema, según lo que hemos diseñado en el anteriormente.

# Manuales del Sistema

## Manual de Instalación

Como ya se ha mencionado, el proyecto consta de dos aplicaciones Android. El proceso de instalación de ambas es completamente idéntico, por lo que solo se explicará para una de ellas, pues para la otra es lo mismo. Los pasos son los siguientes

1. Tener instalada la versión más reciente de [java](https://www.java.com/es/).
2. Instalar los controladores [USB de OEM](https://developer.android.com/studio/run/oem-usb) para nuestro dispositivo.
3. Descargar e instalar [Android Studio](https://developer.android.com/studio/run/oem-usb).
4. Ejecutar la aplicación siguiendo el siguiente tutorial hecho por Google:

<https://developer.android.com/training/basics/firstapp/running-app>

Una vez hemos ejecutado la aplicación ya podremos utilizarla desde el dispositivo Android conectado por USB al ordenador, o bien desde el emulador de Android, según la opción que hayamos elegido en el paso 4. Se recomienda utilizar un dispositivo Android real conectado por USB ya que la aplicación hace uso de las tecnologías Bluetooth y Localización, tecnologías de las que no dispone el emulador.

Para que la aplicación funcione es necesario tener el bluetooth y la ubicación/localización del dispositivo activadas y darle permisos a la aplicación la primera vez que se ejecute, como se muestra a continuación:

Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación, Chat o mensaje de texto

Descripción generada automáticamente Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

Descripción generada automáticamente Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación, Chat o mensaje de texto

Descripción generada automáticamente

## Manual de Ejecución

Este manual contemplará todos los pasos necesarios para el arranque de nuestro sistema, lo que es especialmente importante en caso de sistemas con clientes y servidores o distintos procesos que deban arrancarse independientemente.

Por otra parte, también debemos incluir procedimientos para parar adecuadamente la aplicación.

## Manual de Usuario

Como se ha mencionado, el proyecto consta de dos aplicaciones. Se dividirá por tanto el manual en 3 partes, las partes comunes de la aplicación, las partes de VehicleApp (la aplicación que irá instalada en el dispositivo Android del autobús o tren), y las partes de PassengerApp (la aplicación que irá instalada en los dispositivos Android de los pasajeros).

### Partes comunes de la aplicación

Lo primero que debemos de hacer al ejecutar una aplicación por primera vez será iniciar sesiónInterfaz de usuario gráfica, Aplicación, Word

Descripción generada automáticamente Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

Descripción generada automáticamente

Si no tenemos una cuenta creada, podremos hacerlo bien rellenando un email y una contraseña, o bien utilizando una cuenta de Google existente en nuestro dispositivo. Una vez registrados podremos iniciar sesión como en cualquier otra aplicación, y no será necesario iniciar sesión todas las veces que abramos la aplicación, solamente la primera vez. (Si queremos cambiar de cuenta podremos cerrar sesión más adelante).

Una vez en la aplicación, si es la primera vez que la ejecutamos, deberemos asegurarnos de activar tanto el Bluetooth como la Ubicación y aceptar los permisos necesarios:

Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación, Chat o mensaje de texto

Descripción generada automáticamente Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

Descripción generada automáticamente Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación, Chat o mensaje de texto

Descripción generada automáticamente

### VehicleApp

Ésta será la aplicación que irá instalada en los dispositivos Android de los vehículos (autobuses o trenes). Después de iniciar sesión y aceptar los permisos necesarios, nos aparecerá la siguiente interfaz:

Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

Descripción generada automáticamente Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

Descripción generada automáticamente

Mediante esta interfaz, el conductor del autobús o maquinista podrá seleccionar el número de zonas de su vehículo, el nombre del vehículo, y la matrícula o número de identificación del mismo, en caso de existir. Al utilizar la aplicación por primera vez no existe ninguno y habrá que escribir uno y darle al botón “Change”.

### PassengerApp

Será la aplicación que instalarán los pasajeros en sus dispositivos móviles.

Al iniciar sesión y aceptar los permisos se mostrará la siguiente pantalla:

Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

Descripción generada automáticamente

Figura 15 Pantalla principal de PassengeApp

Esta pantalla nos muestra la interfaz principal. El recuadro rojo nos indica que no estamos haciendo uso de ningún bono (no nos hemos subido a ningún autobús o tren).

El primer botón (“BUY VOUCHERS” o comprar bonos en espalol), nos permite comprar bonos de transporte público como se muestra en la siguiente pantalla:

Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

Descripción generada automáticamente Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

Descripción generada automáticamente

Podemos seleccionar el número de zonas y el número de viajes. De momento, no se ha implementado una pasarela de pago, pero se podría hacer como se especifica en el apartado [de posibles ampliaciones](#_Ampliaciones) del proyecto.

Una vez comprados los bonos, los podremos visualizar en la pantalla a la que nos lleva el segundo botón (“MY VOUCHERS” o mis bonos en español):

Tabla

Descripción generada automáticamente con confianza media

En esta pantalla podremos ver de que bonos disponemos. A la izquierda se muestra el número de zonas y a la derecha cuántos viajes tenemos para ese número de zonas.

El tercer botón del menú principal (“CONNECT WITH NEARBY DEVICES” o conectar con dispositivos cercanos en español) nos permite conectarnos a vehículos para gastar nuestros bonos, como se muestra a continuación:

Captura de pantalla de un celular con texto

Descripción generada automáticamente Texto

Descripción generada automáticamente con confianza media

En esta pantalla se escaneará en busca de dispositivos. Cabe destacar que solamente aparecerán los dispositivos que estén ejecutando la aplicación VehicleApp, por lo tanto no nos aparecerán aquí otros dispositivos Bluetooth como auriculares, sino que solamente aparecerán autobuses o trenes.

Si seleccionamos “Autobus L1 4zones” nos conectará a ese autobús, gastando un bono de 4 zonas:

Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación, Chat o mensaje de texto

Descripción generada automáticamente

Como podemos observar, ahora en la pantalla principal se muestra el recuadro en verde con el vehículo al que nos hemos conectado, y a qué hora. Esto se lo tendremos que enseñar al revisor del autobús o tren en caso de que nos lo pida.

Seguirá conectado hasta el momento en el que nos encontremos lo suficientemente lejos del autobús o tren como para perder la conexión Bluetooth.

Si ahora entramos en la pantalla de “Ver bonos”, vemos que ahora tenemos un viaje menos de 4 zonas:

Tabla

Descripción generada automáticamente con confianza media

Tenemos 5 mientras que antes teníamos 6.

## Manual del Programador

En este manual debemos describir cualquier aspecto que pueda ayudar a otros programadores a ampliar, modificar o entender aspectos de la construcción de nuestra aplicación. Debemos por tanto hacer una descripción general de los distintos aspectos involucrados en la construcción del sistema que puedan ser más difíciles de entender y también describir los procedimientos necesarios para hacer ciertas ampliaciones que hayamos contemplado en el diseño del sistema (añadir nuevas entidades, nuevos atributos a entidades existentes, nuevos servicios que usen a los ya desarrollados, modificaciones en la interfaz, etc.).

Las dos aplicaciones se dividen en 3 paquetes principales:

* Bluetooth
* Chat
* Scan

Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

Descripción generada automáticamente

En el paquete bluetooth está todo lo relacionado con el módulo de bluetooth de las aplicaciones. Funcionan de la misma manera y con las mismas clases en ambas aplicaciones:

Texto

Descripción generada automáticamente

En el modulo chat se encuentran clases necesarias para el intercambio de información entre los dispositivos. Para desarrollar no debería ser necesario tocar código de ninguna de esas clases.

El tercer paquete, scan, contiene las clases necesarias para manejar la visibilidad del dispositivo y para detectar otros dispositivos. Contiene las mismas clases en las dos aplicaciones:

Texto

Descripción generada automáticamente

Y su modificación no debería ser necesaria.

Tan solo sería necesaria la modificación del paquete bluetooth para futuros cambios en la aplicación, en concreto de la clase ChatServer.kt, clase principal donde se almacena la lógica principal del modulo bluetooth de la aplicación.

Respecto a la autenticación de los usuarios, en las dos aplicaciones se encuentra en la raíz del paquete com.example.passengerapp:

Texto

Descripción generada automáticamente

En la clase AuthActivity se encuentra toda la lógica necesaria para comunicarse con la base de datos para autenticar a los usuarios. Es igual tanto en PassengerApp como en VehicleApp. En las partes del código donde se hacen conexiones con la base de datos se han puesto comentarios especificando qué y cómo lo hacen.

Por último, la clase SingletonClass, común a ambas aplicaciones, almacena todos los atributos de la aplicación que se necesitan desde muchas partes del código, para que puedan acceder a los mismos de manera sencilla. Utiliza el patrón Singleton:

Texto

Descripción generada automáticamente

El patrón de diseño singleton es sencillo, en resumen, permite tener unos atributos a los que se puede acceder desde cualquier sitio de la aplicación sin importar donde.

Por último y referente a la interfaz de usuario los archivos XML que la definen se encuentran dentro de la carpeta res (del inglés resource) en la carpeta layout. En la carpeta navigation se encuentra un mapa de navegación entre las diferentes pantallas de la aplicación. Por ejemplo, para PassengerApp es el siguiente:

Diagrama

Descripción generada automáticamente con confianza baja

Figura Diagrama de pantallas de PassengerApp

Mientras que para VehicleApp es el siguiente:

Gráfico, Gráfico de rectángulos

Descripción generada automáticamente

Figura Diagrama de pantallas de VehicleApp

Se pueden añadir nuevas pantallas al proyecto desde nav\_graph.xml.

# Conclusiones y Ampliaciones

## Conclusiones

Hemos conseguido desarrollar una aplicación lo suficientemente compatible como para llegar a una cantidad de usuarios amplia y poder sustituir a las tarjetas vulnerables. La aplicación funciona con varios dispositivos al mismo tiempo sin errores, por lo tanto, se ha logrado lo que se esperaba: una prueba de concepto que demuestre que es posible una aplicación móvil para utilizar bonos de transporte público.

No obstante, la aplicación no está lista para poner en producción, pues aún tiene mucho futuro por delante, mediante las mejoras que se proponen a continuación.

## Ampliaciones

En este apartado se detallarán las posibles ampliaciones que se tienen en cuenta para el futuro del proyecto:

### Desarrollo de la aplicación para iOS

Para llegar al máximo número de personas posible, es necesario desarrollar la aplicación para iOS. Esto supone un coste muy amplio pues supone aprender una tecnología totalmente nueva y se sale del alcance del proyecto.

Como la aplicación utiliza Bluetooth en lugar de NFC, se podría desarrollar su versión en iOS (para dispositivos iPhone) y funcionaría sin problemas de compatibilidad con los dispositivos Android de los vehículos.

### Pagos reales por pasarela de pago

Una vez teniendo la aplicación funcionando, es buen momento para implementar una pasarela de pago, por ejemplo, PayPal, para permitir comprar los bonos de manera real para dar beneficios a la empresa de transporte que esté utilizando la aplicación. No obstante, es un proceso que llevaría por delante un largo tiempo de estudio y desarrollo, por lo que se sale del alcance de nuestro proyecto, el cual simplemente es demostrar que es posible el desarrollo de una aplicación que permita la gestión de vehículos y pasajeros utilizando bluetooth.

### Mejora del log de la aplicación

Actualmente la aplicación consta de un log en el que se va escribiendo cada vez que el usuario hace una operación. En un futuro estaría bien permitir al usuario enviarnos ese log en caso de que la aplicación diera algún error, para poder detectar posibles errores cuando la aplicación esté desplegada.

# Presupuesto

## Desarrollo de Presupuesto Detallado

El presupuesto del proyecto se ha desarrollado en un anexo a parte para una mayor legibilidad. En la carpeta Archivos adjuntos proporcionada en la raíz del documento entregado, se encuentra un archivo Excel: Presupuesto.xlsx. En él se encuentra calculado el presupuesto, y en el archivo Presupuesto explicación.pdf se encuentra una explicación del presupuesto en sí.

# Referencias Bibliográficas

## Libros y Artículos

Se han utilizado los siguientes artículos a la hora de realizar la aplicación:

* [Cambiar nombre del bluetooth](https://stackoverflow.com/questions/8377558/change-the-android-bluetooth-device-name): Este artículo de [stackoverflow](https://stackoverflow.com) muestra cómo cambiar el nombre del bluetooth del dispositivo mediante código desde la aplicación.
* [Documentación Firestore Google](https://firebase.google.com/docs/firestore): Mediante esa documentación se ha podido desarrollar el módulo de autenticación del proyecto, así como la base de datos que almacena la información de los usuarios.

## Referencias en Internet

Las páginas Web consultadas para el desarrollo del sistema son las siguientes:

* [Java Code Conventions](https://www.oracle.com/technetwork/java/codeconventions-150003.pdf): son normas que ayudan a un mejor mantenimiento del código hecho en Java.
* [Singleton Design Pattern](https://www.tutorialspoint.com/design_pattern/singleton_pattern.htm): es un patrón hecho en el proyecto para poder acceder a información desde cualquier parte del mismo.

# Apéndices

## Glosario y Diccionario de Datos

A continuación, se muestran todos los términos que se consideran importantes en la aplicación con una descripción breve de su significado.

* **Log**: Es un archivo donde se deja constancia cada vez que el usuario realiza una operación. El objetivo es saber qué se hizo y cómo se hizo para poder averiguar más fácilmente la causa de posibles errores.
* **NFC**: Del inglés Near Field Communication, es un estándar que permite el intercambio de información entre dispositivos en una distancia corta (menor a 5 cm).

## Contenido Entregado en el CD-ROM

### Contenidos

Descripción del contenido de los diskettes o *CDs* (directorios y para qué sirve cada cosa), descripción de esta documentación y de cualquier material que adicionalmente se entregue en la presentación. En esta sección se presenta una estructura de directorios de ejemplo para el CD que se puede seguir para distribuir todos sus contenidos en el mismo. Conviene por tanto tenerla en cuenta desde el principio de la implementación.

##### Introducción

La estructura de directorios del proyecto debe poder recoger todos los ficheros relacionados con el proyecto, clasificándolos por su propósito dentro del mismo. Los tipos más frecuentes son: ficheros fuente, ficheros de configuración, ficheros de documentación…

Se deben crear directorios para contener cada uno de los tipos de ficheros. Tener una estructura estandarizada de los directorios del proyecto es importante por varias razones:

* Ayuda a localizar la información del proyecto. Por ejemplo, los ficheros fuente siempre deben estar en la carpeta *src*.
* Ayuda a los desarrolladores a determinar donde debe ir cada fichero.
* Permite crear scripts de construcción estandarizados.

##### Recomendación estructura general directorios del CD

**NOTA:** El nombre del CD debe corresponder con el del proyecto.

|  |  |
| --- | --- |
| **Directorio** | **Contenido** |
| *./ Directorio raíz del CD* | Contiene un fichero leeme.txt explicando toda esta estructura. Se puede incluir *autorun* e icono del proyecto si existe. |
| *./<nombre\_proyecto>* | Contiene toda la estructura de directorios del proyecto para desarrollo. **Ver la tabla Recomendación de estructura de directorios de desarrollo**. <nombre\_proyecto> debe sustituirse por el nombre corto del proyecto. |
| *./instalacion* | Ficheros utilizados para la instalación del proyecto. |
| *./documentacion* | Contiene toda la documentación asociada al proyecto. Es necesario incluir un fichero con el documento final del proyecto (en formato .*doc* o .*docx* de *Word* o bien .*sxw* de *Open Office*, por ejemplo) además de un fichero .*PDF* |
| *./documentacion/img* | Directorio que contiene las imágenes utilizadas en la documentación. Estas imágenes tendrán formato .*png* si son capturas de pantalla, .*wmf* si son diagramas o esquemas y .*jpg* sólo si son fotografías. |
| *./documentacion/uml* | Ficheros que genera la herramienta (Rose, *ArgoUML*, etc.) con la que se han generado los diagramas UML y de entidad relación. |
| *./presentacion* | Directorio que contiene la presentación en *Powerpoint* o equivalente utilizada el día de la defensa del proyecto, si está disponible en el momento de realizar el CD. |
| *./herramientas* | Contiene los ficheros de instalación de las herramientas utilizadas para el desarrollo o puesta en marcha del proyecto (lógicamente sólo las que sean distribuibles). |
| *./herram/desarrollo* | Ficheros de instalación de las herramientas utilizadas en el desarrollo |
| *./herram/explotacion* | BD, servidor Web y herramientas en general. |

##### Recomendación de la Estructura de Directorios de “desarrollo”

Se muestra aquí el contenido del directorio de desarrollo de la tabla anterior, incluyendo todos los directorios que deben depender del mismo. Algunos de los elementos sea han incluido suponiendo que se están usando ciertas tecnologías Java. En caso de no usarlas, buscaremos un equivalente existente (si lo hay) en la que estemos usando nosotros.

|  |  |
| --- | --- |
| **Directorio** | **Contenido** |
| *./ Directorio raíz de “desarrollo”* | Contiene los ficheros de proyecto del IDE utilizado. |
| *./build* | Contiene el build.xml de *ant* (si lo usamos). Debemos situarnos dentro para poder invocarlo. |
| *./conf* | Contiene los diferentes ficheros de configuración del proyecto. Podría contener distintos subdirectorios, en función de la tecnología usada. En este ejemplo se muestra un ejemplo de un proyecto *Web* hecho con tecnologías *Java*:   * **web**: contiene los ficheros de configuración de la aplicación Web (por ejemplo: web.xml). * **ear**: contiene los ficheros de configuración de una aplicación empresarial (por ejemplo: application.xml). * **ejb**: contiene los descriptores de despliegue de los EJB. |
| *./dist* | Directorio donde se sitúan los ficheros para la distribución del proyecto. Por ejemplo: los ficheros *.war* o *.ear.* |
| *./doc* | Contiene toda la documentación relativa al proyecto, incluyendo los ficheros generados por herramientas de generación de documentación automática como *Javadoc* o similar. |
| *./lib* | Bibliotecas externas (.*jar*, .*dll*, …) necesarias para compilar y distribuir, de las que depende este proyecto. |
| *./compile-lib* | Bibliotecas externas (.*jar*, .*dll*, …) necesarias para compilar pero que no deseamos distribuir. |
| *./src* | Ficheros fuente |
| *./src/java* | Todos los ficheros *Java*, lógicamente agrupados en los paquetes correspondientes. |
| *./src/sql* | Este directorio contiene los scripts de *SQL* que permiten construir y meter los datos iniciales en la base de datos del proyecto (si existe). |
| *./web* | Este directorio contiene los ficheros (.*JSP*, .*ASPX*, .*HTML*, …) de la *Web* (si el proyecto incluyese una). |
| ./web/images | Contiene las imágenes utilizadas por los ficheros de la web del proyecto. |
| ./classes | Directorio donde se guardan los ficheros compilados (como por ejemplo los .*class*) |
| ./test | Directorio base para todos los ficheros utilizados en la automatización del proceso de prueba. |
| ./test/java | Contiene todas las pruebas unitarias utilizadas en el proceso de prueba automatizado. |
| ./test/sql | Scripts *SQL* utilizados en la carga de datos de prueba |
| ./bak | Directorio donde se pueden guardar versiones antiguas de los ficheros fuente del proyecto. |

### Código Ejecutable e Instalación

Descripción de los contenidos del código ejecutable y de la instalación de la aplicación en un ordenador. Breve manual de instalación y puesta en marcha de la aplicación (solamente unos pasos sencillos que faciliten este proceso, sin explicar nada (para eso está el manual de instalación propiamente dicho).

### Ficheros de Configuración

Descripción de todos los ficheros necesarios para poder hacer funcionar la aplicación (ficheros de configuración, ficheros de datos, etc.).

## Índice Alfabético

Este índice alfabético esta generado automáticamente por Word e incluirá todos los términos que nosotros marquemos adecuadamente con la herramienta que *Word* posee para ello (en *Word 2007*, seleccionamos la palabra o frase a indexar y vamos luego a *Referencias - Marcar Entrada*. En el cuadro que sale seleccionados luego “*Marcar*”, o “*Marcar todas*” para que se busquen todas las apariciones de dicha palabra en el documento). No debemos pues incluir palabras “a mano” en él. Este índice tiene una serie de ejemplos para ilustrar como funciona. No debemos olvidarnos de usar la opción “Actualizar campos” al finalizar la documentación.

**NOTA: Quitar esta explicación en la documentación final.**

I

índice alfabético, 109

P

Palabra1, 7

problemas encontrados, 70

pruebas unitarias, 48, 60, 73, 108

R

Redondo L., J. Manuel, 104

## Código Fuente

El código fuente tiene que ir dividido por paquetes y por archivos, con un formato que haga que resulte legible, tal y como se muestra a continuación en este ejemplo. En la mayoría de las ocasiones, es posible que no sea conveniente colocar la totalidad del código fuente en esta sección, sino solo una parte, que contenga aquellas clases más significativas e importantes. En cualquier caso, conviene consultar al director del proyecto este aspecto. Para dar un formato al código apropiado, podemos probar a copiarlo directamente de nuestro editor y ver si el texto acarrea sus propiedades de estilo (no funcionará en todos los editores), o bien usar programas como *Scintilla* (*Windows*) (<http://www.scintilla.org/>) o el editor *Kate* (para *KDE*, *Linux*) (<http://kate-editor.org/>)

### Paquete Ejemplo 1:

#### Fichero “A.cs”:

using System;

using System.Collections.Generic;

using System.Text;

namespace ControlesAvisos

{

public class Usuario: ICloneable

{

public Usuario()

{

this.nombre = "";

this.clave = "";

}

public Usuario(string nombre, string clave)

{

this.nombre = nombre;

this.clave = clave;

}

private string nombre;

public string Nombre

{

get

{

return nombre;

}

set

{

nombre = value;

}

}

private string clave;

public string Clave

{

get

{

return clave;

}

set

{

clave = value;

}

}

public Object Clone()

{

Usuario u = new Usuario(this.Nombre, this.Clave);

return u;

}

}

}

1. No necesariamente debe ser una única palabra, pueden ser varias. Por ejemplo, si el proyecto tratase sobre la gestión de calificaciones de Alumnos, una palabra clave válida podría ser “Expediente Académico”. [↑](#footnote-ref-1)
2. La orientación del usuario se puede evaluar a través de varios criterios: elementos de navegación orientativos, caracterización de los enlaces e información contextual en elementos de interacción (estructura y navegación); distribución visual de la página (*layout*); coherencia del diseño (generales); nivel de significación de los rótulos (rotulado) y retroalimentación del usuarios (control y retroalimentación) [↑](#footnote-ref-2)
3. Respecto a la publicidad (normalmente en forma de banners), se puede evaluar desde varios criterios: lenguaje (lenguaje y redacción), nivel de significación de los rótulos (rotulado), jerarquía informativa y ruido visual (*layout* de la página), pop-ups y banners intrusivos (control y retroalimentación)... [↑](#footnote-ref-3)