



**Departamento de
Informática e
Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza**



Interactive Kiosk for the Rolex Learning Center

Proyecto Fin de Carrera
Ingeniería en Informática
Zaragoza, Abril 2011

CRAFT research lab, EPFL (Suiza)



ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Área de Lenguajes y Sistemas Informáticos
Centro Politécnico Superior
Universidad de Zaragoza

Javier Bello Ruiz
Autor

Dr. Frédéric Kaplan
Director

Dra. Sandra Baldassarri
Ponente

Interactive Kiosk for the Rolex Learning Center

Javier Bello Ruiz

Zaragoza, Abril 2011

Interactive Kiosk for the Rolex Learning Center

Resumen

La visión del presidente de la École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Patrick Aebischer es

construir una universidad donde las fronteras tradicionales entre las facultades sean reemplazadas por el espíritu de colaboración; un campus diseñado de tal manera que matemáticos e ingenieros puedan encontrarse espontáneamente con neurocientíficos y microtécnicos para imaginar las nuevas tecnologías que mejoraran la vida diaria; un campus que está abierto y da la bienvenida a la gente. (Lausanne, 2010)

El recientemente inaugurado Rolex Learning Center es la materialización de esta idea. Es un edificio de la escuela abierto al público, en el que el contacto entre estudiantes, profesores y visitantes está creando un nuevo paradigma de interacción y colaboración multidisciplinar. El laboratorio de investigación llamado CRAFT, perteneciente a la escuela y en el que se desarrolló este proyecto, comparte esta misma visión. El laboratorio está altamente involucrado en la política de formación del profesorado y los estudiantes de la EPFL a través de la informática, más concretamente a través de la Interacción Persona-Ordenador y el espíritu de colaboración asistida por ordenador.

En este Proyecto Fin de Carrera se ha desarrollado un nuevo prototipo de quiosco interactivo multilingüe para el Rolex Learning Center, que actualmente se encuentra totalmente operativo y en funcionamiento en el citado edificio. Este dispositivo combina los conceptos de mobiliario interactivo y poste de información, ofreciendo a sus usuarios nuevas maneras de interactuar los unos con los otros y contiene aplicaciones para resolver problemas cotidianos relativos a la comunidad universitaria. Las principales características del quiosco desarrollado son: es accesible a cualquiera que visite el edificio, ofrece información útil y provee de nuevos paradigmas de interacción entre las personas; teniendo en cuenta y aplicando las ideas de Interacción Persona-Ordenador como la Usabilidad y Accesibilidad en conjunto con el aprendizaje colaborativo.

Se usa la interacción táctil como método natural para utilizar el quiosco, el cual incluye una pantalla táctil Projected Capacitive Touch (PCT), un sistema audiovisual compuesto por dos altavoces y una cámara con micrófono integrado así como un lector Radio-Frequency IDentification (RFID) capaz de reconocer las tarjetas de identificación personal de la universidad. Dichos componentes se seleccionaron para cumplir con la funcionalidad previamente descrita configurándose junto con el sistema software. Este sistema se desarrolló en base a una aplicación Rich Internet Application (RIA), diversos controladores de dispositivos y otro software necesario en el que podemos encontrar tecnologías como Adobe Flash, MySQL, Hypertext Preprocessor (PHP) y C++. Más concretamente se desarrollaron cinco aplicaciones diferentes entre las que destaca el panel de vídeo mensajes. En esta aplicación, el usuario es capaz de navegar entre los diferentes vídeo mensajes almacenados en el sistema y puede ponerse en contacto con el autor si así lo desea. A su vez, es capaz de grabar su propio mensaje que debe asociar a una de las siguientes categorías: Compra/Venta, Gente, Ofertas, Cultura, Ayuda, Alojamiento o Varios. Las otras cuatro aplicaciones que se pueden acceder en el quiosco son: una aplicación para la consulta del horario en tiempo real del metro con parada en la EPFL; una aplicación para la consulta de los menús diarios de los restaurantes y cafeterías de la escuela; una aplicación que permite encuestar a los usuarios acerca de temas de actualidad llamada "La Pregunta Diaria" y una última aplicación que permite al usuario hacer llegar su opinión, sugerencias, y *feedback* en general, acerca del quiosco y su contenido.

Al final del proyecto fue llevado a cabo un estudio de uso simple para evaluar la usabilidad e interés del prototipo del quiosco con resultados positivos, todo ello complementado con *logs* y estadísticas de uso almacenadas en el sistema junto con el *feedback* proporcionado por los usuarios.

Agradecimientos

Me gustaría agradecer a todos los miembros del laboratorio CRAFT por su apoyo y amistad, especialmente a Frédéric Kaplan por su supervisión y consejo, a Pierre Dillenbourg por permitirme formar parte de su equipo y a Olivier Guédat por construir el maravilloso soporte del quiosco.

A Sandra Baldassarri por su supervisión, ayuda, consejo y sobre todo paciencia.

A todos los estudiantes Erasmus que he conocido este año inolvidable, a todos mis amigos y familia.

Dedicatoria

A mi madre. La perdimos demasiado pronto, lo hizo todo por nosotros.

Tabla de Contenidos

1. Introducción	1
1.1. Alcance y objetivos del proyecto	1
1.2. Entorno de trabajo	2
1.3. Metodología	3
1.4. Planificación de actividades (tiempos, costes, recursos)	3
1.5. Estructura de la memoria	4
2. Análisis, diseño e implementación del sistema	6
2.1. Análisis	6
2.1.1. Estudio inicial de la audiencia	7
2.1.2. Análisis de Requisitos	10
2.2. Diseño	12
2.2.1. Primer prototipo y primera evaluación	12
2.2.2. Segundo prototipo y segunda evaluación	13
2.2.3. Prototipo final	14
2.3. Implementación	14
2.3.1. Diseño final implementado	21
2.3.2. Tecnologías y herramientas utilizadas	21
3. Evaluación del sistema	24
3.1. Problemas detectados	25
3.2. Mantenimiento y administración	25
3.3. Estudio de uso	26

4. Conclusiones	33
4.1. Revisión personal	33
4.2. Mejoras acerca de lo implementado	34
4.3. Futuras aplicaciones	35
4.4. Tiempos y esfuerzo	35
Glossary	37
Bibliography	38
A. Master Thesis Project in Computer Science “Interactive Kiosk for the Rolex Learning Center”, CRAFT research lab (EPFL), Lausanne (Suiza), October 2010	A
B. Thesis Director’s Assessment Letter	B

Índice de figuras

2.1. Diagrama de estados del sistema	9
2.2. Diagrama Entidad-Relación de la base de datos	11
2.3. Mapa de navegación para la interfaz gráfica de usuario	15
2.4. Proceso para identificar al usuario a través del lector RFID	15
2.5. Disposición final del hardware en el interior del quiosco	16
2.6. Prototipo totalmente operativo del quiosco interactivo para el Rolex Learning Center	17
2.7. Pantalla principal	18
2.8. Navegador de aplicaciones	19
2.9. Panel de vídeo mensajes	20
3.1. Aplicación más útil de acuerdo a los cuestionarios llenados durante el estudio de uso	27
3.2. Aplicación menos útil de acuerdo a los cuestionarios llenados durante el estudio de uso	28
3.3. Aplicación más valorada de acuerdo a los cuestionarios llenados durante el estudio de uso	28
3.4. Aplicación menos valorada de acuerdo a los cuestionarios llenados durante el estudio de uso	29
3.5. Opinión acerca de la usabilidad del sistema	29
3.6. Opinión acerca del diseño utilizado	30
3.7. Opinión acerca de la calidad en la reproducción y grabación de los vídeo mensajes	30
3.8. Problemas observados durante la exploración libre del quiosco	31
3.9. Problemas descritos por los usuarios durante el estudio de uso	31
3.10. Evaluación de la usabilidad en la tarea de grabar un vídeo mensaje desglosada en sus pasos básicos	32
4.1. Diagrama de Gantt con el tiempo invertido en el proyecto organizado de acuerdo a sus diferentes fases	36
4.2. Gráfica de esfuerzo con el porcentaje del tiempo utilizado en cada fase del proyecto	36

Capítulo 1

Introducción

En este primer capítulo de la memoria se describe el objetivo y el alcance del proyecto. A su vez, se sitúa el proyecto en el entorno de trabajo y se resume la metodología utilizada. Finalmente, se expone un resumen de la estructura de la memoria y sus apéndices, explicando brevemente el contenido de cada sección.

1.1. Alcance y objetivos del proyecto

El propósito de este proyecto es el análisis, diseño, implementación, construcción y evaluación de un nuevo prototipo de quiosco interactivo que será puesto a disposición de los estudiantes, la comunidad universitaria de la École Polytechnique Fédérale de Lausanne y el público visitante en el Rolex Learning Center. La función principal de dicho edificio, emblema de la escuela, es promover el encuentro entre los diferentes estudiantes de la universidad beneficiando así la colaboración interdisciplinar.

Para este fin, es necesario determinar cuáles son las características que debe cumplir el quiosco, su finalidad, la forma apropiada de establecer la interacción con los usuarios, el contenido y la tecnología a utilizar, así como el impacto social en la vida diaria de la escuela. Se deberán seleccionar los componentes hardware apropiados y se programará un conjunto inicial de aplicaciones que serán integradas sobre un sistema software desarrollado para dar soporte al quiosco. Finalmente, se analizará el impacto real de un dispositivo de estas características mediante el *feedback* de los usuarios, el histórico de uso del sistema y un estudio de uso final.

Los objetivos principales del proyecto son los siguientes:

- Comprender, analizar y utilizar el entorno tecnológico en el que se va a desarrollar el proyecto.
- Desarrollar un dispositivo que sea fiable, seguro, robusto frente a errores y escalable.
- El sistema debe tener en cuenta los conceptos de usabilidad y accesibilidad en la medida de lo posible.
- El dispositivo debe ofrecer contenidos, herramientas y aplicaciones que sean útiles para los miembros de la comunidad universitaria.
- El esquema hardware debe ser totalmente replicable y el sistema software totalmente portable a un servidor para poder asegurar la construcción de más de un quiosco en caso de instalarse en varios edificios en el futuro.

- El contenido del quiosco debe adaptarse al entorno del Rolex Learning Center y mantener la coherencia con el espíritu y la atmósfera de colaboración, nuevas tecnologías y aprendizaje del edificio.
- Al estar situado dentro del campus universitario, el quiosco necesita soporte multilingüe debido a la diversidad de lenguas habladas en Suiza (alemán, francés, italiano, etc.), así como por la gran cantidad de alumnos, profesores e investigadores de diferentes nacionalidades.
- Para ciertas aplicaciones será necesario identificarse mediante la tarjeta de identificación personal de la universidad llamada CAMIPRO.

1.2. Entorno de trabajo

Este proyecto ha sido llevado a cabo en el laboratorio de investigación CRAFT (Centre de Recherche et d'Appui pour la Formation et ses Technologies) de la EPFL (École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suiza).

El laboratorio CRAFT está interesado en el desarrollo de tecnologías que ayuden en la formación, tanto de profesores como de alumnos, de una manera colaborativa y explorando nuevos métodos de Interacción Persona-Ordenador. Por tanto, este proyecto está influenciado por los conceptos de mobiliario interactivo y aprendizaje colaborativo asistido por ordenador, con los que se trabaja en el laboratorio.

Este aprendizaje colaborativo asistido por ordenador (Computer-Supported Collaborative Learning, CSCL [3]) está tomando forma en numerosos dispositivos como la mesa *Reflect* [1] y la lámpara *Lantern* [2] que pronto pasaran a ser parte de la vida diaria de la universidad. Estos dispositivos comparten ciertas características con el quiosco que se debe desarrollar ya que ambos son mobiliario interactivo que cumple con las siguientes funciones:

- *Reflect* es una mesa de reuniones interactiva que monitoriza la conversación que se lleva a cabo a su alrededor mediante micrófonos instalados en la misma y usa una matriz de LEDs multicolores para representar información relativa a la reunión.
- *Lantern* es un dispositivo integrado en una lámpara, usado como herramienta para proporcionar información dinámica del estado de los participantes en un trabajo colaborativo. Esta información se representa simplemente usando diferentes colores, alterando el brillo y haciendo parpadear la luz de la lámpara. Cada *Lantern* muestra el estado de uno de los colaboradores, el usuario puede girar y pulsar el dispositivo produciendo así los respectivos cambios en color y parpadeo para expresar diferentes situaciones, siendo almacenado un histórico de uso de la lámpara.

Estos dos dispositivos sirvieron para situar en contexto la tecnología que se puede usar actualmente para ofrecer soluciones interactivas para la vida diaria universitaria.

En cuanto a los antecedentes y estado de la técnica, existen actualmente numerosos quioscos interactivos que se usan con innumerables finalidades, aunque la mayoría de ellos comparten características comunes como el uso de la tecnología táctil en las pantallas. Se analizó la interfaz, la interacción usada y los servicios ofrecidos por los siguientes tipos de quiosco:

- El telequiosco. Es un quiosco interactivo que provee acceso a servicios de comunicaciones como correo electrónico, fax, sms, así como telefonía e incluso vídeo llamada.

- El cajero automático es un tipo de quiosco interactivo que provee servicios financieros. Existen los llamados quioscos multifunción de servicios financieros que ofrecen una mayor cantidad de aplicaciones para dar soporte bancario al usuario.
- Quiosco interactivo para la impresión de fotografías.
- Punto de acceso a Internet. Terminal pública situada en aeropuertos, hoteles, centros comerciales y otros lugares para ofrecer acceso a Internet.
- Quiosco de venta de entradas para cines, teatros y espectáculos en general.
- Quiosco de información.

Dentro de este contexto, se considera interesante llevar el concepto de poste de información a otro nivel, considerando la interactividad y las aplicaciones colaborativas que se pueden desarrollar para un prototipo de quiosco interactivo.

1.3. Metodología

Durante el proceso de desarrollo del proyecto se aplica una metodología que asegura que el sistema cumpla con los objetivos funcionales propuestos y tenga en cuenta los principios de usabilidad y accesibilidad. El conjunto de técnicas que se aplican se basan en la Ingeniería del Software, en la Interacción Persona-Ordenador y en la Ingeniería de la Usabilidad para el diseño de aplicaciones centradas en el usuario.

Los factores relativos a la usabilidad que se consideran son: la facilidad de aprendizaje, la efectividad de uso y la satisfacción con la que los usuarios llevan a cabo sus tareas gracias al quiosco.

Respecto a la accesibilidad, se tiene solamente en cuenta la accesibilidad física del sistema. En este prototipo se intenta utilizar un diseño acorde a estándares que favorezca el diseño universal en cuanto a plataforma multilingüe y ergonomía adecuada, proporcionando cierta flexibilidad para acomodarse a las necesidades de cada usuario y a sus preferencias. Aunque no se considera el acceso a personas con discapacidades, esta tarea queda pendiente para el desarrollo de futuros quioscos.

En cuanto al ciclo de vida en el desarrollo software, el modelo que mejor se ajusta a la construcción del quiosco es un modelo en espiral con prototipado. Este modelo utiliza un método de diseño iterativo con prototipado, cuyo esqueleto es el ciclo análisis-diseño-implementación-evaluación, que se repite varias veces para poder mejorar progresivamente el sistema.

1.4. Planificación de actividades (tiempos, costes, recursos)

Las estimaciones realizadas para los tiempos, costes y recursos necesarios para el desarrollo del quiosco son las siguientes:

- Febrero 2010: Fase de Inicio.
- Marzo 2010: Fase de Análisis.
- Abril - Mayo 2010: Fase de Diseño.

- Junio - Julio 2010: Fase de Implementación.
- Agosto 2010: Fase de Evaluación.
- Septiembre 2010: Fase de Finalización.

Se estiman unas 800 horas necesarias para la realización del proyecto.

Respecto a los recursos iniciales es necesario un ordenador para el desarrollo del software del sistema con las herramientas necesarias. Los materiales para la construcción del soporte o tótem del quiosco para dar cabida a los componentes hardware que se deben encargar, como la pantalla táctil PCT o el lector de tarjetas RFID.

En el capítulo de Conclusiones se puede consultar las medidas reales de horas empleadas en la realización del proyecto, el porcentaje por fase del esfuerzo total y un diagrama de Gantt con los tiempos empleados en cada tarea.

1.5. Estructura de la memoria

Tras esta introducción se expone el contenido que se desarrolla en los siguientes capítulos de la memoria, dando una visión general de lo tratado en cada uno de ellos.

- *Capítulo 2: Análisis, diseño e implementación del sistema*

Este capítulo cuenta con tres secciones diferenciadas en las que se explican las fases de análisis, diseño e implementación del sistema respectivamente:

En la primera sección se explica el análisis llevado a cabo para el prototipo del quiosco, la metodología seguida durante el desarrollo del análisis y los resultados obtenidos tras finalizar dicha fase del proyecto. Se comienza describiendo los datos recabados durante el estudio de la audiencia inicial, mostrando las sugerencias de contenido e interacción con el dispositivo por parte de los estudiantes de la escuela. Se elabora un análisis inicial del contenido del quiosco y el tipo de interfaz con el usuario, además de determinar los requisitos necesarios para la construcción del quiosco interactivo.

En la segunda sección se explica el desarrollo de la fase de diseño del sistema. En ella se describen las tecnologías elegidas para la implementación del prototipo. Finalmente, se describen diferentes propuestas de prototipos y aplicaciones del quiosco con sus correspondientes evaluaciones; mostrando el diseño final elegido sobre el que se implementa el sistema.

En la tercera y última sección del capítulo, denominada implementación, se describe la construcción del prototipo elegido durante el diseño, prestando especial atención a las tecnologías utilizadas durante el desarrollo del quiosco.

- *Capítulo 3: Evaluación del sistema*

En este capítulo se describen los procesos de evaluación del sistema, las pruebas llevadas a cabo así como un análisis de la información recabada durante las mismas.

Se describen los resultados del estudio de uso del dispositivo que está compuesto por: un experimento en el cual participaron diez usuarios; el histórico de uso o logs del sistema almacenados durante el uso libre del dispositivo en el entorno real del edificio; y las sugerencias o recomendaciones proporcionadas por los usuarios a través de la aplicación de *feedback* integrada en el quiosco.

- *Capítulo 4: Conclusiones*

En este último capítulo se sintetizan los resultados obtenidos a lo largo del proyecto haciendo especial énfasis en los problemas detectados y sus posibles soluciones, así como en las futuras aplicaciones y mejoras en cuanto al contenido y al diseño. Este capítulo refleja lo conseguido a lo largo del proyecto poniendo de relieve los aspectos más positivos del quiosco así como sus principales problemas. Se ha incluido mí opinión personal acerca del trabajo realizado: qué ha supuesto para mí, qué he aprendido a lo largo de su desarrollo y cuáles han sido los principales retos que he afrontado en la construcción de este prototipo de quiosco interactivo para el Rolex Learning Center.

- *Glosario*

- *Bibliografía*

- *Apéndices*

- **A** *Master Thesis Project in Computer Science “Interactive Kiosk for the Rolex Learning Center”, CRAFT research lab (EPFL), Lausanne (Suiza), October 2010 (English)*

Este apéndice contiene la memoria del Proyecto Fin de Carrera escrita en inglés, presentada en la EPFL en Octubre de 2010. Presenta los contenidos realizados con un nivel mayor de detalle por lo que a lo largo de la presente memoria escrita en español se hacen numerosas referencias a las secciones y capítulos correspondientes en este apéndice. Este documento contiene otros dos apéndices más, el manual de usuario y guía del desarrollador, así como el cuestionario utilizado durante el estudio de uso y el formulario de consentimiento para participar en dicho estudio.

A User’s manual and development guide

B Use study questionnaire and consent form

- **B** *Thesis Director’s Assessment Letter (English)*

Este apéndice contiene la carta de evaluación escrita por el director del PFC en inglés.

Capítulo 2

Análisis, diseño e implementación del sistema

Para tener éxito en el objetivo de desarrollar un quiosco totalmente operativo que cumpliera con los objetivos propuestos y tuviera en cuenta los principios de usabilidad y accesibilidad, se aplicó la metodología especificada en el capítulo de Introducción.

Por tanto, el plan de trabajo se basó en el modelo en espiral con prototipado que itera el procedimiento tradicional de desarrollo en cascada para proyectos software que consta de cuatro fases: análisis, diseño, implementación y evaluación. Se realizaron dos iteraciones en la fase de diseño con sendos prototipos, obteniendo un prototipo final acorde a los objetivos perseguidos.

En este capítulo se muestra el proceso desarrollado en las tres primeras fases del proyecto que se analizan en sus correspondientes secciones. Durante todas estas fases la perspectiva del usuario fue tenida en cuenta continuamente para ayudar a desarrollar las funcionalidades necesarias, por tanto, se aplicaron métodos de evaluación de manera regular.

2.1. Análisis

En esta primera etapa del proyecto y siguiendo la metodología propuesta, se llevó a cabo un estudio de la audiencia inicial para determinar posibles aplicaciones o servicios que podía ofrecer el quiosco.

Aplicando el modelo MVC (Model, View, Controller [6]) a la arquitectura del sistema se determinaron tres capas diferentes: lógica, persistencia e interfaz respectivamente asociadas con el controlador, el modelo y la vista. Para más información se puede consultar el capítulo 2 del Apéndice A: *Analysis*.

Finalmente, con esta información se describieron los requisitos funcionales y no funcionales del sistema que se pueden consultar en el apartado de Análisis de Requisitos.

2.1.1. Estudio inicial de la audiencia

Tras identificar que los principales usuarios del quiosco pertenecían a la comunidad universitaria, se condujo un estudio de la audiencia que consistió en entrevistar a 25 estudiantes de la escuela acerca del contenido, la interacción con el futuro quiosco y las diferentes necesidades de la gente que podían ser solucionadas por este dispositivo en el Rolex Learning Center.

Como resultado de este estudio, se obtuvo la siguiente lista de aplicaciones sugeridas por los estudiantes y complementadas por ideas del personal del laboratorio CRAFT:

- Plano interactivo del Rolex Learning Center y del campus universitario, controlado mediante la pantalla táctil o bien mediante reconocimiento gestual a través de la videocámara.
- Una aplicación para encontrar u ofrecer alojamiento. Encontrar alojamiento en Lausanne es realmente difícil y es uno de los principales problemas que afronta el alumnado. Se considera que puede ser una ventaja el contar con un panel interactivo, donde centralizar la oferta y la demanda, accesible al público y a la comunidad universitaria en el edificio más visitado de la escuela.
- Al encontrarse la biblioteca principal de la universidad en el edificio, parece adecuado que se puedan consultar todas las fuentes electrónicas disponibles como libros, revistas, comics, CDs y DVDs o cualquier otro formato susceptible de ser mostrado en el quiosco y que pertenezca a la biblioteca como la base de datos de publicaciones y papeles científicos publicados por los diferentes laboratorios y departamentos.
- Aplicación para crear eventos personales, de la ciudad de Lausanne, de la escuela política en general y el Rolex Learning Center en particular, siendo mostrados a los demás en el quiosco.
- Aplicación para la compra/venta, alquiler e intercambio de ítems.
- Aplicación para la búsqueda de gente interesada en un tandem de idiomas, es decir, parejas o grupos de conversación de lenguas extranjeras, mediante la publicación de vídeos en el quiosco.
- Pizarra digital interactiva para tormenta de ideas. La escuela cuenta en numerosas salas, aulas, pasillos, cafeterías, etc. con pizarras blancas de rotuladores para compartir, expresar y discutir ideas en cualquier parte de la escuela.
- Aplicación para realizar videoconferencias con catedráticos de la universidad o bien con investigadores invitados a eventos de la escuela.
- Aplicación para la grabación y envío de vídeo-emails, es decir, un correo electrónico que solamente contiene un vídeo de duración determinada y puede ser enviado en unos sencillos pasos desde la cuenta de correo de la EPFL mediante la identificación en el quiosco con la tarjeta universitaria.
- Aplicación para la consulta de los menús diarios de las cafeterías y restaurantes de la EPFL.
- Aplicación para consultar la disponibilidad de bicicletas en los aparcamientos pertenecientes al servicio público de bicicletas del ayuntamiento.
- Aplicación para consultar en tiempo real los horarios de los metros con parada en la EPFL; próximas llegadas y salidas.
- Aplicación para consultar las predicciones acerca del tiempo meteorológico de la semana.

- Navegador web controlado por interacción gestual o táctil.
- Aplicación para la consulta de los cursos, servicios e instalaciones del centro de deportes de la UNIL (Université de Lausanne).
- Aplicación para ver canales de televisión cuando el quiosco no está en uso, a modo de salvapantallas, o bien aplicación para reproducir música si el quiosco se coloca en la zona de descanso del edificio.
- Aplicación para la consulta y recarga de saldo para móviles de prepago.
- Aplicación para la consulta y recarga de saldo de la tarjeta universitaria CAMIPRO, ya que puede ser usada como monedero electrónico para pagar en las instalaciones de la universidad como cafeterías, papelerías, reprografía, etc.
- Utilizar los formatos de interfaz implantados en los *smartphones* a una escala mayor. El uso de estándares facilita el uso por parte del usuario al no necesitar aprendizaje para controlar las aplicaciones.
- Juegos para uno o dos jugadores.
- Panel de noticias y posibilidad de valorar las noticias.
- Aplicación con un servicio de chat que pueda ser usado con otros quioscos cuando haya varios de ellos disponibles en la universidad.
- Aplicaciones para publicar contenidos de internet como vídeos, imágenes u otros contenidos.
- Cuenta personal con parámetros configurables tales como la interfaz, aplicaciones preferidas y funcionalidades tales como consultar y compartir el calendario entre los estudiantes mediante identificación a través de la tarjeta CAMIPRO.
- Aplicación para el acceso a diferentes portales de la escuela como moodle.epfl.ch, is-academia.epfl.ch y my.epfl.ch.
- Wikipedia de términos relacionados con la escuela, desarrollada colaborativamente por los estudiantes.
- Habilitar la conexión del quiosco con las impresoras en el edificio para poder imprimir los contenidos que interesen al usuario.

Se diseñó un diagrama de estados para vislumbrar la funcionalidad necesaria de un sistema que pudiera ofrecer este tipo de aplicaciones como se puede ver en la Figura 2.1. A su vez, es posible consultar diferentes casos de uso relacionados con las aplicaciones sugeridas en el capítulo 2 del Apéndice A: *Analysis*.

A partir de los resultados obtenidos en este punto, se describieron los requisitos funcionales y no funcionales que debía cumplir el sistema, así como la aplicación principal en la que se iba a basar el primer prototipo de la fase de diseño como se explica en el apartado de Análisis de Requisitos.

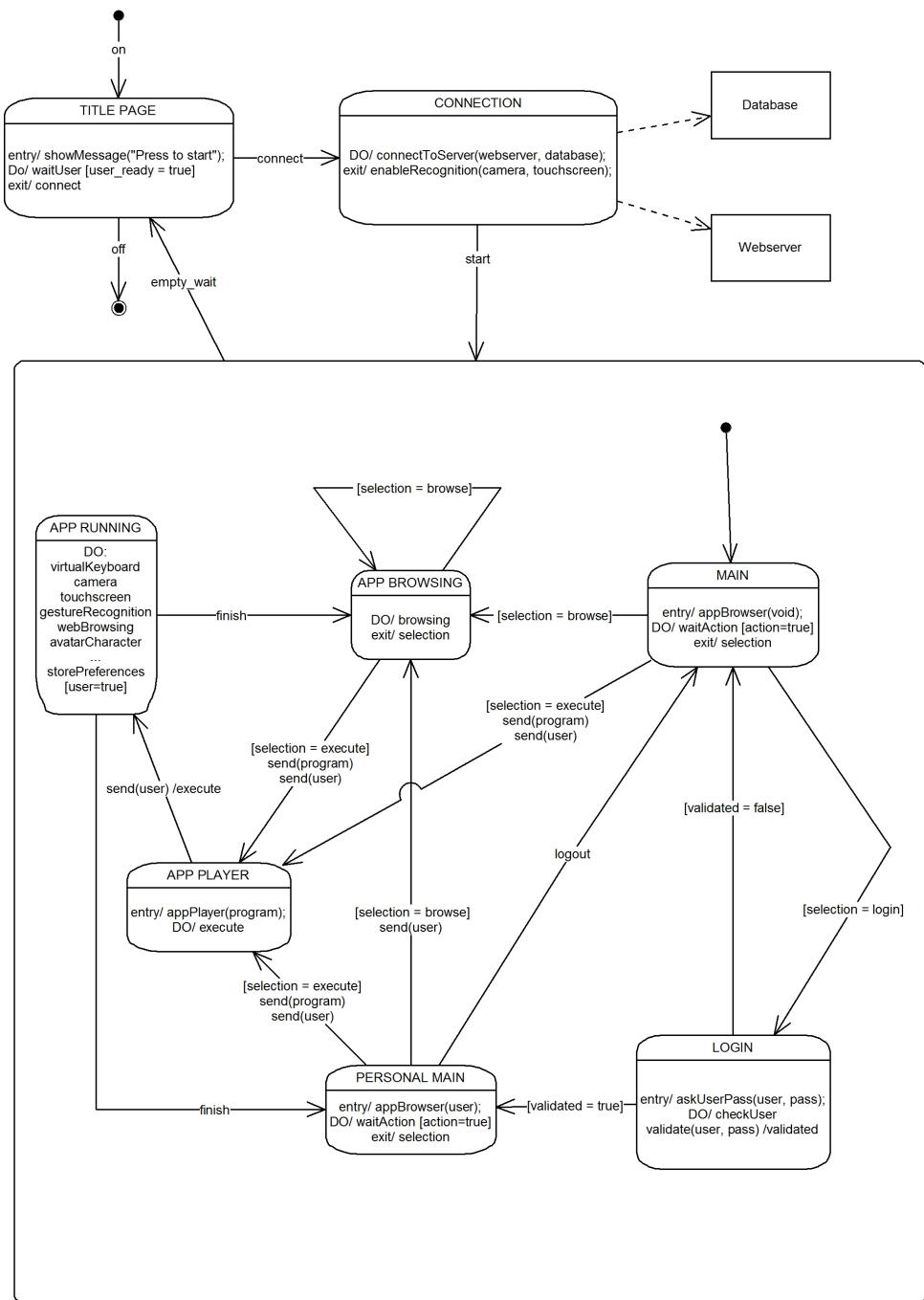


Figura 2.1: Diagrama de estados del sistema

2.1.2. Análisis de Requisitos

El análisis de requisitos supone determinar, enumerar y clasificar todas las características, capacidades y restricciones que ha de cumplir el sistema y a las que se verá sometido.

Tras considerar el estudio inicial, los casos de uso y el diagrama de estados del sistema y discutir ampliamente acerca de todas las posibilidades, la decisión tomada en este punto fue desarrollar un dispositivo con una pantalla táctil, un sistema audiovisual compuesto por una videocámara y dos altavoces, un lector de etiquetas RFID para identificar a los usuarios mediante la tarjeta universitaria y a modo de aplicación inicial principal del sistema, un panel de vídeo mensajes. La finalidad de esta aplicación de vídeo mensajes es permitir a la comunidad universitaria grabar mensajes en un panel en el que puedan ofrecer servicios tales como alquiler de equipos, compra/venta de ítems, oferta y demanda de alojamiento, etc.; identificándose a través de su tarjeta universitaria, y a su vez poder contactar con los autores de dichos mensajes en caso de estar interesado.

Requisitos funcionales:

- RF1: el sistema opera un servicio de vídeo mensajes como aplicación principal.
- RF2: el usuario será capaz de navegar entre los vídeo mensajes almacenados en el sistema pudiendo reproducirlos o contactar con el autor.
- RF3: el usuario podrá grabar su propio vídeo mensaje asociándolo a una categoría.
- RF4: el sistema debe almacenar los datos del autor y el usuario para poder poner en contacto ambas partes.
- RF5: el sistema debe almacenar los vídeos asociados a una persona y a una categoría.
- RF6: el sistema ofrecerá otras aplicaciones de información relativas a la comunidad universitaria.

Requisitos no funcionales:

- RNF1: la aplicación se ejecutará en el navegador web.
- RNF2 (seguridad): el usuario deberá identificarse mediante la tarjeta CAMIPRO para usar ciertas funcionalidades del sistema, se utilizará un lector de tarjetas RFID para tal propósito. Dicho proceso de identificación almacenará los datos de contacto del usuario así como otros datos personales relevantes para su uso en las diferentes aplicaciones.
- RNF3 (control de accesos): el sistema mantendrá *logs* de uso durante toda la vida útil del dispositivo.
- RNF4 (datos): los datos almacenados del usuario que se identifique con su tarjeta universitaria serán: nombre completo, correo electrónico, afiliación (laboratorio, departamento o facultad), número SCIPER. Los datos deberán ser completos y no podrá tener ningún campo vacío. El código que identifica al usuario es el número SCIPER. El código de cada usuario es único.
- RNF5 (interfaz): la interfaz gráfica de la aplicación se manejará a través del reconocimiento táctil en la pantalla y contará con un teclado virtual para introducir datos a la aplicación.
- RNF6 (recursos): el sistema necesitará acceso a Internet, un servidor web, un servidor de bases de datos y un servidor de contenidos por streaming.

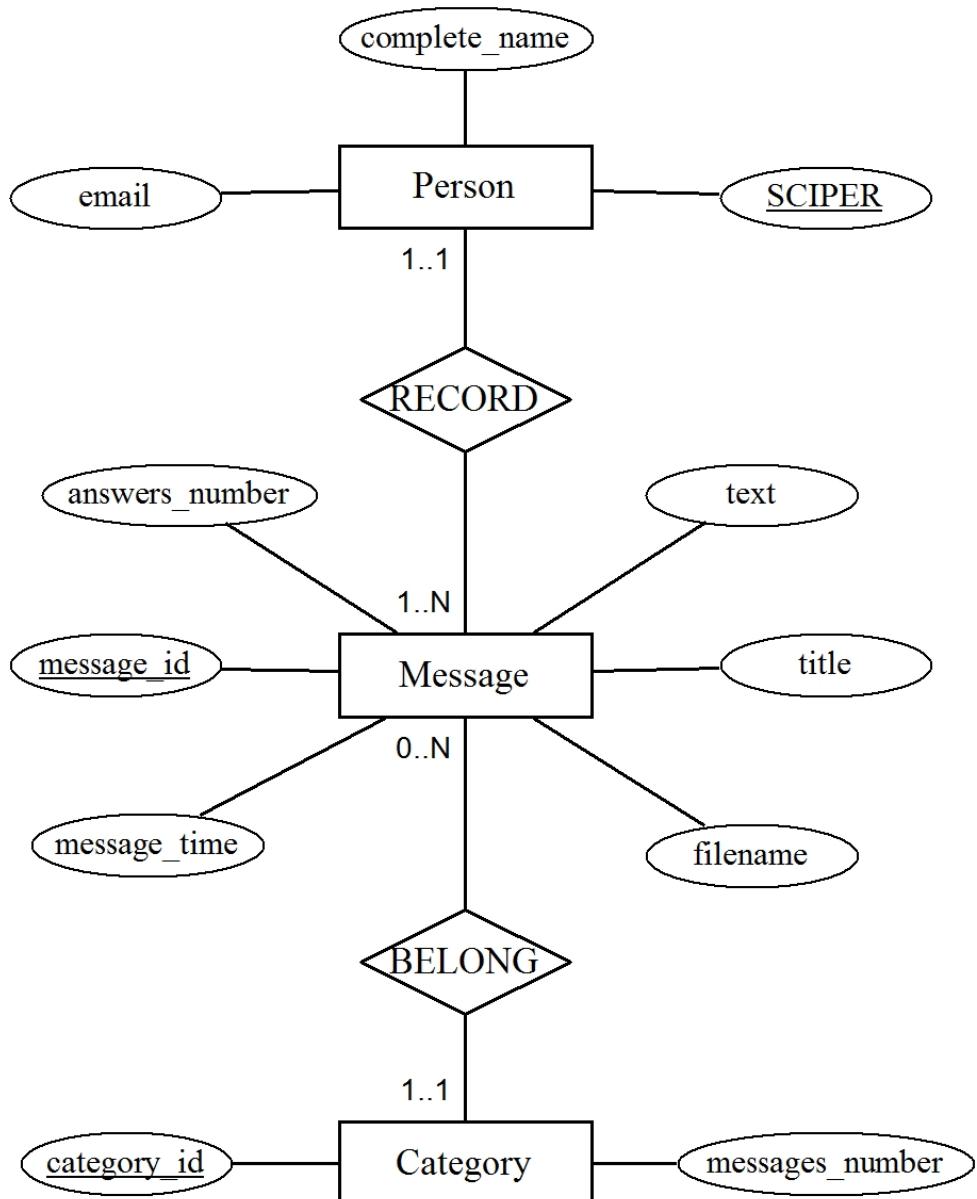


Figura 2.2: Diagrama Entidad-Relación de la base de datos

- RNF7: el dispositivo debe ser fiable, seguro, robusto frente a errores y escalable.
- RNF8: el sistema debe tener en cuenta los conceptos de usabilidad y accesibilidad en la medida de lo posible.
- RNF9: el esquema hardware debe ser totalmente replicable y el sistema software totalmente portable a un servidor para poder asegurar la construcción de más de un quiosco en caso de instalarse en varios edificios en el futuro.
- RNF10 (internacionalización): el quiosco necesitará soporte multilingüe.

En los requisitos previamente mencionados se describe el almacenamiento de datos que esta asociado con la capa de persistencia. Durante la fase de análisis se elaboró un diagrama de Entidad-Relación [7] de la futura base de datos (Figura 2.2). Es posible consultar más información acerca de las entidades de la base de datos, así como de la aplicación principal seleccionada y las capas de la arquitectura en los capítulos 2 y 3 del Apéndice A: *Analysis, Design*.

2.2. Diseño

Tomando como base el análisis previo, se diseñó una solución apropiada para cumplir con la funcionalidad especificada del sistema. En esta sección se describen las dos iteraciones de diseño llevadas a cabo dentro del modelo de desarrollo en espiral con sus respectivos prototipos. Se explican las características, problemas y mejoras de cada uno de ellos, proponiendo un prototipo final sobre el que se implementará el sistema. Para más información se puede consultar el capítulo 3 del Apéndice A: *Design*.

Los prototipos son sistemas que simulan o tienen implementadas partes del sistema final a desarrollar. En este caso, se utilizaron prototipos software/hardware que implementaban cierta funcionalidad del quiosco. El solo propósito de crear estos prototipos era evaluar el diseño prematuramente. El objetivo era producir estos prototipos y evaluarlos eficazmente para que pudieran ser refinados, elaborados y reevaluados antes del producto final. El método de evaluación en esta fase fue un Focus Group compuesto por expertos del laboratorio. El Focus Group o Grupo de Discusión Dirigido es una técnica de recolección de datos donde se reúne un cierto número de usuarios para discutir aspectos relacionados con el sistema [5].

2.2.1. Primer prototipo y primera evaluación

El primer prototipo desarrollado para el quiosco estaba compuesto por una pantalla táctil de tipo PCT, un lector de etiquetas RFID, una cámara web con micrófono integrado, dos altavoces y un mini PC.

La funcionalidad semi-implementada por este prototipo era la aplicación principal seleccionada en el análisis: el panel de vídeo mensajes.

La primera evaluación del prototipo llevada a cabo por investigadores del laboratorio estuvo marcada por resultados positivos pero se acordaron las siguientes mejoras para la segunda iteración en el diseño:

- Añadir el soporte multilingüe: francés, alemán, italiano, español e inglés.
- Añadir un número superior de vídeos por página en la aplicación de vídeo mensajes.
- Añadir un salvapantallas para hacer que la gente se interese en el dispositivo mientras permanece inactivo.
- Cambiar los colores y el tema para hacerlo más apropiado al diseño futurista del Rolex Learning Center.
- Añadir pequeñas aplicaciones al sistema.
- Nueva interfaz.

Entre las nuevas aplicaciones que se consideraron factibles de implementar en esta revisión se encontraban las siguientes:

- Acceso a los portales de la escuela: moodle.epfl.ch, is-academia.epfl.ch, my.epfl.ch
- Horarios de tren de la compañía SBB.
- Horarios en tiempo real de los metros con parada en la EPFL.

- Sección de feedback para permitir a los usuarios comunicar sus sugerencias y opiniones acerca del dispositivo y su contenido.

En el segundo prototipo se añadieron los cambios mencionados y se eligieron las nuevas aplicaciones como se describe en el siguiente apartado.

2.2.2. Segundo prototipo y segunda evaluación

Respecto al esquema hardware no se realizaron cambios significativos en este prototipo respecto al anterior.

Se realizaron las mejoras acordadas en la evaluación del prototipo anterior y se añadieron cuatro aplicaciones basadas en las propuestas realizadas durante la evaluación previa. Por tanto este prototipo contaba con las siguientes aplicaciones semi-implementadas:

- *Aplicación “Panel de vídeo mensajes”*

En esta aplicación es posible grabar un vídeo identificándose apropiadamente con la tarjeta CAMIPRO. Es posible reproducir o contactar otros vídeo mensajes que estén almacenados en el sistema encontrándose organizados en diferentes categorías: Compra/Venta, Gente, Ofertas, Cultura, Ayuda, Alojamiento y Varios. Es posible a su vez buscar un vídeo gracias a la barra de búsqueda. Estos vídeos se encuentran dispuestos en la pantalla en modo de lista de miniaturas con la información de contacto del autor, el texto del mensaje, la fecha y hora de la grabación, el título y el número de personas que han contactado este mensaje. Al pulsar el botón de contacto, el sistema envía automáticamente un correo electrónico al autor identificándose el usuario con la tarjeta de estudiante.

- *Aplicación “Horarios de metro”*

En esta aplicación es posible consultar las llegadas y salidas del metro con parada en la EPFL en tiempo real. Para obtener esta información en tiempo real, la compañía de transporte ofrece en las paradas un servicio de consulta a través del teléfono móvil mediante el cual es necesario tomar una fotografía de un código QR (Quick Response Barcode) que se encuentra en el panel de cada parada y gracias a una aplicación para *smartphones* es posible saber cuántos minutos faltan para que pase el siguiente metro. Utilizando este método es posible acceder al servidor que provee la información de las paradas de la EPFL, más concretamente a una página PHP que se utilizó para obtener la información aplicando un parser al formulario.

- *Aplicación “Menús de los restaurantes”*

Esta aplicación utiliza una fuente Really Simple Syndication (RSS) facilitada por la escuela para la consulta de los menús de los restaurantes y cafeterías de la EPFL. Por tanto, la aplicación en sí, es un agregador de fuentes RSS adaptado específicamente para mostrar los menús diarios de una manera concisa, estructurada y agradable.

- *Aplicación “Pregunta diaria”*

Aplicación que permite encuestar a los usuarios acerca de temas de actualidad o bien les permite introducir una pregunta de opinión de la que desearían conocer la respuesta por parte de la comunidad universitaria. Esta pregunta se almacena en el sistema mostrando cada día una pregunta diferente. Para conocer los resultados estadísticos de cada una de las preguntas es necesario responder a la encuesta y así acceder al panel de resultados.

- *Aplicación “Feedback del usuario”*

Aplicación diseñada para que el usuario proporcione su opinión, sugerencias, recomendaciones, quejas y todo tipo de *feedback* con respecto al contenido del quiosco o a la interacción con el mismo de manera que colabore en la mejora del dispositivo.

Durante la segunda evaluación del prototipo era necesario tomar decisiones respecto a la construcción del tótem metálico soporte para el quiosco. Se decidió realizar cambios en el diseño como añadir un cristal protector a la pantalla, colocar los altavoces y la cámara en la parte superior y el lector RFID en el lado derecho. La construcción del soporte se llevó a cabo durante la fase de implementación. Una decisión difícil fue la de la altura del soporte, no muy alta para poder grabar la cara en los videos, no muy baja para evitar que la pantalla no fuera confortable en el uso. Se realiza un análisis de los resultados obtenidos en esta decisión respecto a la altura del soporte en el capítulo de Conclusiones ya que problemas ergonómicos aparecieron durante las pruebas y evaluación del sistema.

2.2.3. Prototipo final

El prototipo final seleccionado para su construcción durante la fase de implementación está compuesto por una pantalla táctil de tipo PCT, una cámara web con micrófono integrado, dos altavoces, el lector de tarjetas RFID, un mini PC y el soporte metálico del quiosco llamado tótem. Las aplicaciones del quiosco son: “Panel de vídeo mensajes”, “Horarios de metro”, “Menús de los restaurantes”, “Pregunta diaria” y “Feedback del usuario”, tal y como quedaron definidas en la evaluación previa.

El mapa de navegación que se diseñó para la interfaz gráfica de usuario está reflejado en la Figura 2.3. Para establecer la conexión con el lector de tarjetas RFID se debe seguir el proceso mostrado en la Figura 2.4.

El proceso para obtener la información necesaria acerca del usuario a través de su tarjeta universitaria se muestra en el apartado Tecnologías y herramientas utilizadas de la sección de Implementación. Para más información es posible consultar los capítulos 3 y 4 del Apéndice A: *Design; Deployment, system test and evaluation.*

2.3. Implementación

En esta sección se describe la implementación final del sistema y se muestra el esquema hardware implementado en el interior del soporte así como la interfaz gráfica de usuario definitiva. Se describen las tecnologías y herramientas utilizadas para la implementación del quiosco. A su vez se comentan los principales problemas encontrados y como se resolvieron.

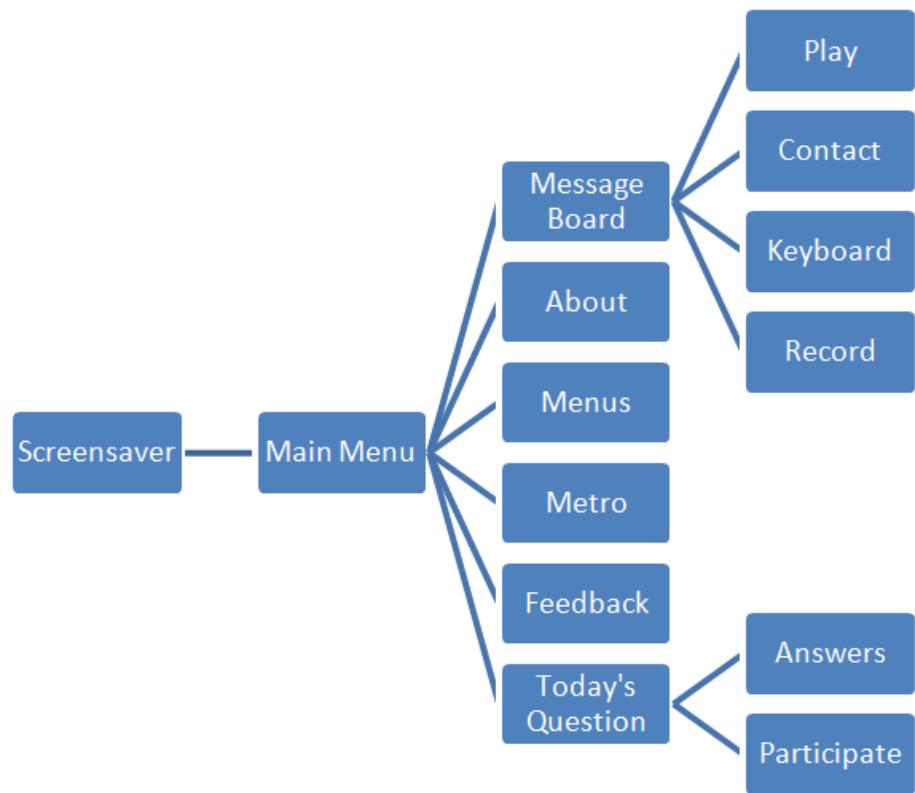


Figura 2.3: Mapa de navegación para la interfaz gráfica de usuario

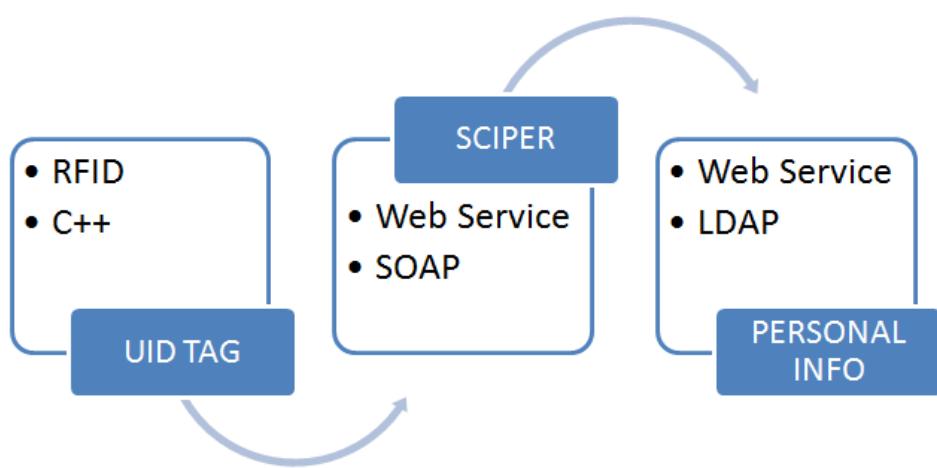


Figura 2.4: Proceso para identificar al usuario a través del lector RFID

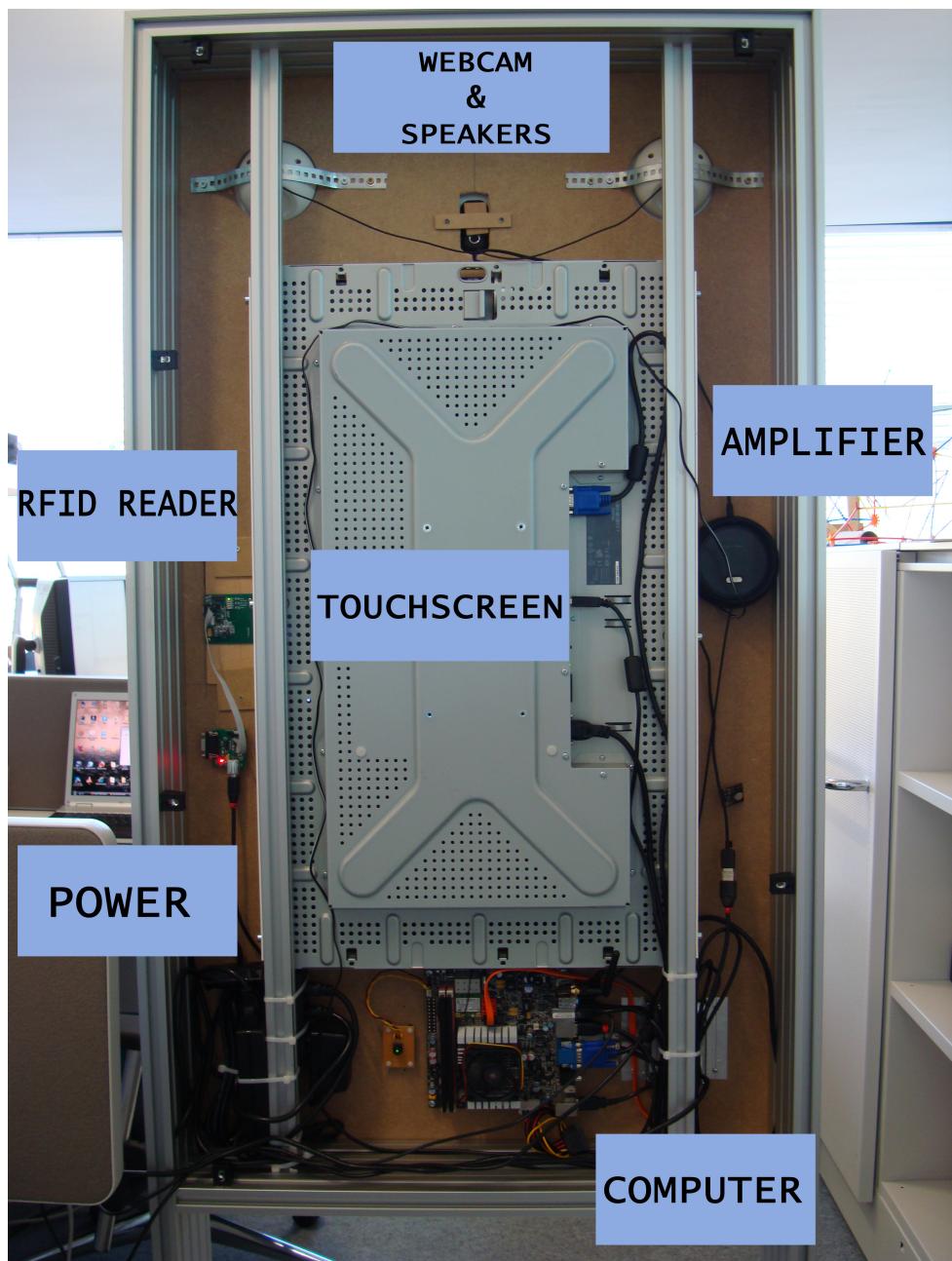


Figura 2.5: Disposición final del hardware en el interior del quiosco



Figura 2.6: Prototipo totalmente operativo del quiosco interactivo para el Rolex Learning Center



INTERACTIVE KIOSK



Rolex Learning Center

Figura 2.7: Pantalla principal

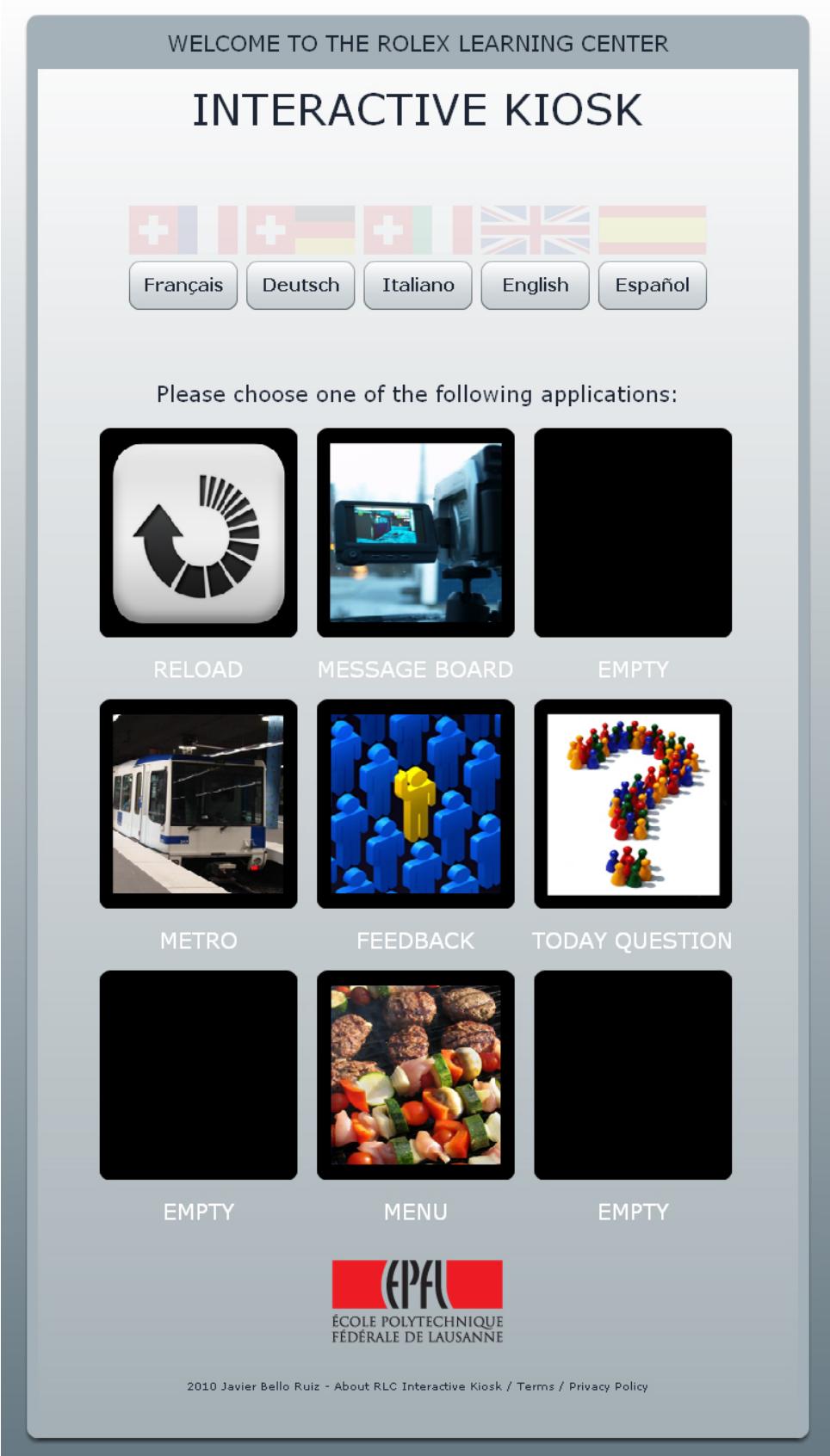


Figura 2.8: Navegador de aplicaciones

ROLEX LEARNING CENTER VIDEO MESSAGE BOARD BACK

RECORD Search a video by topic: Search

The RLC video message board allows you to record a public video message for all the EPFL community. Identify yourself with your Camipro card in order to record/contact.

Last Top

Categories:

- Sell/Buy
- People
- Offers
- Culture
- Help Needed
- Accommoda...
- Various

hhhh 1 Answers!! javier.belloruz@epfl.ch 2010-07-14 14:05:19 Sell/Buy
hhhhh

View Contact 

zzz 0 Answers!! javier.belloruz@epfl.ch 2010-07-14 14:04:28 Accommodation
zzzzz

View Contact 

hhh 0 Answers!! javier.belloruz@epfl.ch 2010-07-14 14:04:04 Culture
hhhh

View Contact 

tzutzu 0 Answers!! javier.belloruz@epfl.ch 2010-07-14 11:49:01 Offers
tuututz

View Contact 

iopioip 0 Answers!! javier.belloruz@epfl.ch 2010-07-14 11:45:32 Offers
iopiopio

View Contact 

gfhfg 1 Answers!! javier.belloruz@epfl.ch 2010-07-14 11:35:03 Help Needed
fghfghf

View Contact 

ffgg 0 Answers!! javier.belloruz@epfl.ch 2010-07-14 11:34:03 Culture
fyfyfd

View Contact 

Previous Next

Figura 2.9: Panel de vídeo mensajes

2.3.1. Diseño final implementado

En este apartado se muestran diferentes figuras con la implementación final del dispositivo a través de las cuales se describe la construcción e implantación del quiosco en el Rolex Learning Center con una breve descripción de cada figura.

En la Figura 2.5 se puede ver la disposición final del hardware utilizado en el interior del quiosco. En la Figura 2.6 se muestra una vista general del quiosco interactivo colocado en su localización final en el Rolex Learning Center. En las siguientes Figuras 2.7, 2.8 y 2.9 se muestran tres capturas de pantalla del sistema con el diseño final de la interfaz gráfica de usuario.

Más información y otras capturas de pantalla pueden consultarse en el capítulo 4 del Apéndice A: *Deployment, system test and evaluation.*

2.3.2. Tecnologías y herramientas utilizadas

A lo largo del proyecto las tecnologías y técnicas utilizadas han sido muy variadas, en esta sección se describen las diferentes alternativas consideradas para cada caso, además de explicar dónde se han usado y cuáles han sido las técnicas y herramientas necesarias para desarrollar algunas de las funcionalidades del sistema.

Respecto a la interfaz gráfica de usuario las consideraciones iniciales incluían como posibles entornos de desarrollo a OpenGL, GTK, Java/Processing, Microsoft Silverlight y Adobe Flash (Flex SDK). Debido a la funcionalidad de la que se debía dotar al sistema tal como poder ser ejecutado a través de un servidor, tener una apariencia atractiva para el usuario y ofrecer un servicio de vídeo mensajes, es decir, poder contar con un servicio de streaming de vídeos, la decisión fue clara, se escogió el entorno de desarrollo Adobe Flash Builder 4.0 para trabajar con la SDK de Adobe Flex y así contar con una aplicación basada en una RIA de Flash. Con esta solución se aseguraba poder ofrecer una solución en navegador y por tanto accesible por diferentes quioscos, contar con un diseño ampliamente extendido en la web y conocido por el público, además de tener la certeza de poder conectar dicho sistema con servidores de bases de datos como MySQL y servir videos en streaming ya que cientos de páginas web se sirven de dichas tecnologías. Esta herramienta de desarrollo de aplicaciones RIA funciona utilizando la SDK de Flex: ActionScript 3.0 y Macromedia eXtensible Markup Language (MXML). Adobe Flash Builder 4 Premium Edition es un entorno de desarrollo profesional para ayudar a los desarrolladores de software a construir rápidamente aplicaciones RIA multiplataforma y contenido utilizando el entorno opensource de Flex. Se uso la ayuda, API y soporte de Adobe extensamente durante el desarrollo de la aplicación.

Era necesario utilizar una base de datos para almacenar toda la información relativa a los vídeo mensajes y como se comprobó después también útil para otras de las aplicaciones implementadas. En este caso, las posibles elecciones eran o bien usar Oracle SQL o bien decantarse por un servidor MySQL. En este caso, la decisión también fue sencilla, ya que a pesar de que Oracle ofrece características mucho más avanzadas que MySQL, también es un sistema más complicado de gestionar y al ser la interfaz desarrollada con Flash, el extenso uso de MySQL con estas aplicaciones, en particular en páginas web, daba por sentado que la compatibilidad y las funcionalidades necesarias iban a darse satisfechas, además de contar con mucha cantidad de información relativa a su uso en conjunto con PHP para aportar conectividad entre ambos sistemas desde el lado del servidor.

Respecto al uso de PHP en el sistema, se comprobó altamente eficaz ya que además de utilizarse para conectar la RIA con el servidor MySQL, iba a ser usado para la conectividad con los servicios web necesarios en alguna de las aplicaciones desarrolladas, así como para establecer

la comunicación con el controlador del lector RFID de tarjetas universitarias y para el envío de correos electrónicos automáticamente a través de SMTP. Por tanto durante la instalación de PHP en el sistema fue necesario incluir los paquetes de PEAR para el mencionado envío de correos, el paquete de MySQL para la interacción con dicho servidor, además de los paquetes Simple Object Access Protocol (SOAP) y Lightweight Directory Access Protocol (LDAP) para la interacción con los servicios web que se explican más adelante en esta sección. PEAR o PHP Extension and Application Repository es un repositorio de código PHP. El proyecto PEAR fue creado para promocionar la reutilización de código PHP que realiza funciones comunes. Este proyecto trata de proveer de una librería estructurada de código PHP, mantener un sistema para la distribución de paquetes de código y promover un estilo de escribir código estándar.

Tras haber determinado la necesidad de Flash, MySQL y PHP como herramientas principales del proyecto y saber que la aplicación iba a ser accesible a través del navegador, era obviamente necesario instalar un servidor web. En este caso al contar solamente con un quiosco, el servidor sería instalado en el mismo microordenador del dispositivo, aunque se pretendía simular el acceso remoto para poder garantizar que la aplicación se podría ejecutar en varios quioscos de tenerlos en un futuro. El servidor elegido fue Apache, uno de los más comunes junto a IIS, ya que era fácilmente configurable con PHP y tenía una rápida instalación.

Para poder explicar la necesidad de acceder mediante PHP a los servicios web LDAP y SOAP primero es necesario explicar las tecnologías y técnicas utilizadas para poder leer la tarjeta universitaria CAMIPRO a través del lector RFID y consultar la información del usuario asociado a dicha tarjeta. Como primera aproximación para establecer la comunicación entre la aplicación y el lector RFID se intentó desarrollar un controlador que leyera la información proporcionada por el dispositivo y la transmitiera mediante un socket establecido con la aplicación, todo ello escrito en C#. Sin embargo, esta solución no fue posible implementarla debido a la *security sandbox* de las aplicaciones Flash que se encargan de bloquear este tipo transmisiones externas al servidor web por motivos de seguridad. Al no poder acceder directamente con ActionScript 3.0 a los puertos del ordenador, una posibilidad era comprar un lector RFID llamado Phidgets que sí que cuenta con librerías en este lenguaje que encapsulan la comunicación con el controlador, sin embargo este lector trabaja con frecuencias diferentes a las usadas por las etiquetas de las tarjetas universitarias de la EPFL y por tanto no utiliza el mismo protocolo de comunicación.

Finalmente se desarrolló un controlador para el lector RFID en C++ basado en código proporcionado por el fabricante (RFIDGeek) habilitándose la comunicación entre dicho controlador y la aplicación a través de PHP, ya que Flash sí que permite este tipo de comunicación a través del servidor. Mediante este controlador es posible leer la etiqueta o circuito RFID que se encuentra embebido en la tarjeta universitaria, esta etiqueta no es nada más que un número de referencia asociado a la tarjeta, una vez que se dispone de este número identificativo es cuando se necesitan los servicios web provistos por la EPFL para poder acceder a la información de la persona poseedora de dicha tarjeta. Una vez se cuenta con esta etiqueta es necesario acceder al servicio web SOAP <http://dinfo.epfl.ch/Camipro> y utilizar el método “getSciper” a través de PHP. Mediante este método se obtiene el número SCIPER asociado a cada estudiante, profesor o personal universitario en la administración de la EPFL. Este servicio está restringido a las direcciones IP permitidas por su administrador, por lo que hubo que pedir permisos para la utilización del servicio con el dispositivo. Finalmente, se accede a otro servicio web, en este caso LDAP y público <ldap://ldap.epfl.ch/>, mediante el cual es posible consultar la información personal asociada con el número SCIPER, entre la que se encuentra tanto el nombre completo, el correo universitario, la facultad, laboratorio, sección o departamento al que pertenece el usuario entre otras. Con toda esta información es posible identificar automáticamente al usuario a la hora de grabar un vídeo mensaje o de contactar con el autor de uno de ellos simplemente colocando la tarjeta en el lector sin necesidad de introducir a mano la información necesaria en la interfaz y de esta manera se asegura evitar la suplantación de identidad y el contenido inapropiado.

A continuación se muestra una pequeña definición de los dos protocolos utilizados en estos servicios web:

- SOAP (Simple Object Access Protocol) es la especificación de un protocolo para el intercambio de información estructurada en la implementación de servicios web en redes de computadores. Este protocolo usa eXtensible Markup Language (XML) como formato para el mensaje y normalmente también utiliza otros protocolos de la capa de aplicación como RPC (Remote Procedure Call) y HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) para la transmisión del mensaje. SOAP puede ser utilizado como la capa base para un servicio web, proveyendo un entorno básico para el intercambio de mensajes sobre el cual puede construirse un servicio web.
- LDAP (Lightweight Directory Access Protocol) es un protocolo de aplicación para consultar y modificar datos usando servicios de directorio ejecutándose sobre TCP/IP. Un directorio es un conjunto de objetos con atributos organizados de manera lógica y jerárquica. Un ejemplo es el directorio telefónico, que consiste en una lista de nombres (personas u organizaciones) organizados alfabéticamente y teniendo cada uno de ellos una dirección y un número de teléfono asociados.

A continuación, se explica brevemente las especificaciones técnicas del lector RFID así como algunas de sus características relevantes para el desarrollo del quiosco. El lector utilizado es el modelo RFIDGeek TRF796x Multiple-Protocol RFID Reader/Writer. Este lector/escritor de etiquetas RFID puede leer/escribir cualquier circuito RFID que trabaje en similar rango de frecuencias y protocolos, ya sea embebido en tarjetas, productos alimenticios y textiles o cualquier otro soporte que utilice esta tecnología. En este caso, la frecuencia del lector es 13.56MHz pudiendo ser configurado para su uso con los siguientes protocolos: ISO-15693, ISO-14443A, ISO-14443B (Philips MiFare RFID) y Texas Instruments Tag-it estándar, siendo el primero de ellos el utilizado por las tarjetas de la universidad. Está compuesto por una interfaz TTL con una interfaz USB/RS232 opcional y una antena transmisora integrada que puede detectar los circuitos RFID hasta un máximo de 10 cm.

Finalmente se puede consultar la lista completa del software y de algunas herramientas utilizadas durante el desarrollo del proyecto en los capítulos 2, 3 y 4 del Apéndice A.

Capítulo 3

Evaluación del sistema

En este capítulo se hace un resumen de las técnicas utilizadas y los resultados obtenidos durante la evaluación del sistema. Asimismo se presenta el estudio de uso llevado a cabo durante la finalización del proyecto.

Durante la evaluación del sistema y más concretamente en el estudio de uso se han usado las siguientes técnicas descritas tal y como aparecen en “La Ingeniería de la Usabilidad y de la Accesibilidad aplicada al diseño y desarrollo de sitios web” (Lorés, Granollers. Lleida, 2004) [5].

- *Técnicas de Inspección*

Recorrido Cognitivo. Este método de inspección de la usabilidad se centra en evaluar la facilidad de aprendizaje del sistema. Se realiza básicamente de la forma que la mayoría de los usuarios prefieren o suelen aprender software: por exploración. Los revisores evalúan una propuesta de interfaz en el contexto de una o más tareas específicas.

- *Técnicas de Indagación*

Observación de campo. La observación de campo la describe Nielsen en base al trabajo que se realiza al visitar el lugar o lugares de trabajo donde se estén realizando las actividades objeto de nuestro estudio y donde se encuentran los usuarios representativos. El principal objetivo consiste en observarlos para entender cómo realizan sus tareas y qué clase de modelo mental tienen sobre ellas. Esta información será completada con preguntas y/o entrevistas personales. Este método se puede utilizar en las etapas de prueba y del despliegue del desarrollo del producto.

Logging. La técnica del logging o grabación de uso se basa en “grabar” o “recoger” todas las actividades realizadas por el usuario con el sistema para su posterior análisis. Para ello es preciso de una aplicación secundaria que realice automáticamente esta labor que pase, además, totalmente desapercibida por el usuario.

Cuestionarios. El cuestionario es menos flexible que la entrevista, pero puede llegar a un grupo más numeroso y se puede analizar con más rigor. Se puede utilizar varias veces en el proceso de diseño. Y, como también se ha apuntado en el apartado de las entrevistas suelen complementarse muy bien. Estas, al igual que pasaba con las entrevistas, deben prepararse muy bien ya que como es un documento a cumplimentar por los usuarios debe ser muy claro y exento de ambigüedades que puedan confundirlos.

Feedback del usuario.

- *Técnicas de Test*

En los métodos de usabilidad por test usuarios representativos trabajan en tareas utilizando el sistema –o el prototipo– y los evaluadores utilizan los resultados para ver cómo la interfaz de usuario soporta a los usuarios con sus tareas. Los principales métodos de evaluación por test son:

Thinking Aloud [4]. En este método de evaluación conocido como thinking aloud (pensando en voz alta) descrito por Nielsen se les pide a los usuarios que expresen en voz alta sus pensamientos, sentimientos y opiniones mientras que interactúan con el sistema –o un prototipo del mismo–. Es muy útil en la captura de un amplio rango de actividades cognitivas. Se realiza con usuarios únicos que expresan libremente todo lo que piensan sobre el diseño y la funcionalidad del sistema.

Test Retrospectivo. Esta técnica realmente es un complemento de las demás, ya que se trata de realizar alguno de los métodos anteriores, grabarlo en vídeo y analizar dicha grabación posteriormente. El hecho de hacerlo así permite “pasar” varias veces la cinta y examinar todos y cada uno de los detalles sin que pase ninguno por alto.

Método del Conductor. En los métodos anteriores el usuario suele ir “a su aire” y el evaluador analiza los resultados a posteriori. En este método el evaluador conduce al usuario en la dirección correcta durante su uso del sistema.

3.1. Problemas detectados

Tras terminar el proceso de ensamblado del quiosco, se detectaron algunos problemas en las pruebas iniciales del sistema cuando empezó a funcionar el sistema completo. El primer problema afrontado, y el más importante, se detectó durante la primera ejecución del sistema por un período superior a dos horas. Debido a una mala gestión de eventos con dos vídeos, que se reproducían en bucle mientras el sistema se encontraba ejecutando el salvapantallas, se producía un bloqueo en el navegador provocado por el *plug-in* del reproductor Flash imposibilitando el uso de las aplicaciones. Este bloqueo ocurre en el navegador Mozilla Firefox cuando éste detecta que uno de los *plug-ins* no está respondiendo por un período mayor a 45 segundos que estaba siendo producido debido a que en el componente del salvapantallas, los dos vídeos enviaban el mismo evento al sistema y trataban de capturar la respuesta provocando inestabilidad e interferencia a largo plazo en el sistema. Este problema no fue detectado en las anteriores etapas ya que el sistema no se había ejecutado por un período mayor a dos horas.

3.2. Mantenimiento y administración

Una vez que el sistema completo se encuentra operativo y funcionando, una de las cosas más importantes es el mantenimiento del sistema durante su tiempo de vida. Para ello, como el dispositivo está colocado dentro del edificio, se debe tener una manera de acceder remotamente al ordenador que hay en su interior, para resolver cualquier problema que pudiera surgir o para mejorar el sistema con nuevas características. Para ello, se configuró el acceso al sistema por medio del escritorio remoto de Windows a través de la cuenta de administrador. Por otro lado, también era necesario administrar la cuenta de correo asociada al quiosco, mediante la cual se enviaban los correos electrónicos automáticamente cuando se ponían en contacto con los autores en el panel de vídeo mensajes.

3.3. Estudio de uso

Tras llevar a cabo el estudio de uso con diez usuarios diferentes, fueron detectados algunos problemas con la ergonomía del quiosco y con la calibración de la pantalla táctil que se explican en esta sección. Durante este estudio de uso, además de realizar un cuestionario a cada uno de los diez usuarios, se grabó en vídeo su interacción con el quiosco mientras seguían las instrucciones de un protocolo que se diseñó para que ejecutaran una lista de tareas en un determinado orden pudiendo así determinar que aplicaciones requerían un mayor aprendizaje o en qué tareas encontraban más dificultad a la hora de realizarlas con éxito. Tanto el cuestionario como el protocolo utilizado se pueden consultar en el Apéndice A.

Para estudiar la interacción respecto a la tarea de grabar un vídeo mensaje se estructuró el procedimiento de análisis basándolo en diferentes pasos para identificar en qué etapas de la tarea encontraban más dificultades o si bien era necesario reducir las etapas necesarias para poder grabar un vídeo mensaje.

Tras visualizar detenidamente los vídeos del estudio de uso se extrajo información relevante acerca del sistema, sus aplicaciones, su contenido, el hardware utilizado y la interacción usada por parte del usuario. Las aplicaciones mejor consideradas en el estudio son las aplicaciones de consulta de los horarios de metro en tiempo real y la consulta de los menús de los restaurantes de la EPFL. Por tanto, y a pesar de que la aplicación de vídeo mensajes también estaba entre las preferidas, encontraban muy útiles estas aplicaciones ya que ofrecían información inmediata tras un par de clicks en el quiosco. Este tipo de interacción inmediata, o interacción de la gente que se encuentra de paso, se comprobó mediante los *logs* del sistema que ocurría también en el panel de vídeo mensajes, mucha gente reproducía los vídeos almacenados en el sistema, pero la proporción de usuarios que grababa vídeos era mucho menor.

Respecto a la interacción con la cámara y el teclado virtual se encontraron dos problemas relacionados con la ergonomía. Se detectó que debido a la diferente altura de los usuarios, ciertas personas tenían problemas respecto a la posición demasiado alta de la cámara para ellos, por lo que debían alejarse del quiosco para poder encuadrar bien la cabeza en la imagen. Por otra parte y en oposición a este problema algunas personas muy altas encontraban problemas al usar el teclado virtual ya que el ángulo de visión de las teclas y la calibración menos precisa al existir un cristal protector de la pantalla, hacía que cometieran frecuentes errores en la pulsación de las teclas.

Por tanto se puede pensar que la orientación vertical elegida para la pantalla puede no ser una buena aproximación aunque algunas soluciones posibles conservando esta orientación pueden ser las siguientes:

- inclinar la pantalla en profundidad para reducir la altura de la videocámara que se encuentra en la parte superior y hacer que el ángulo de visión de las teclas sea más perpendicular al suelo facilitando su pulsación;
- una posible solución software es utilizar reconocimiento facial simplemente para determinar la altura de la cabeza, no para identificar al usuario, pero suficiente para adaptar los elementos mostrados en pantalla adecuadamente a la altura del usuario;
- otra posible solución hardware es cambiar de posición física a elementos como la cámara situándola en un lateral del quiosco enfocando de manera diagonal al usuario y no directamente perpendicular como hasta el momento o bien permitir el ajuste de la altura de la pantalla en el soporte mediante algún tipo de rieles o similar para poder ser adaptada fácilmente por cada usuario.

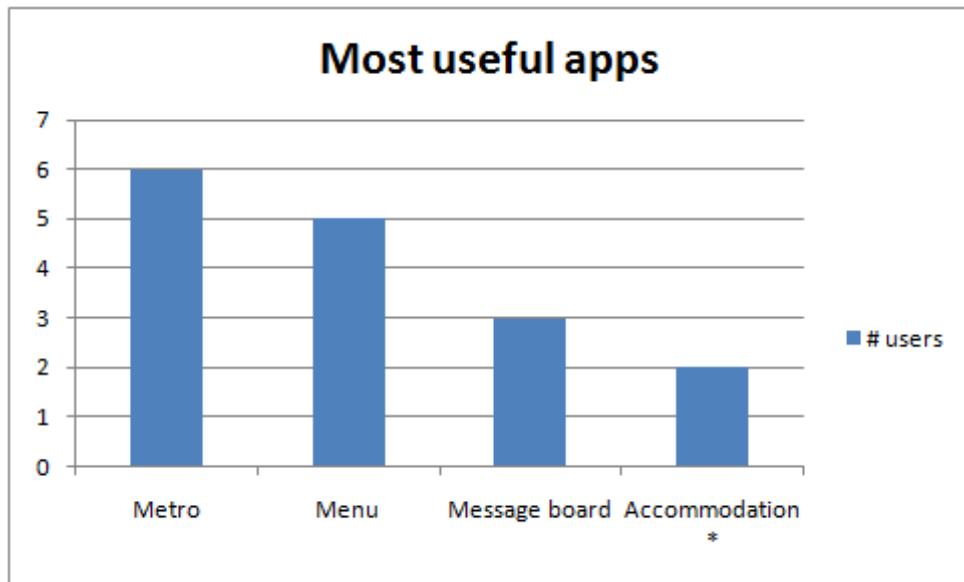


Figura 3.1: Aplicación más útil de acuerdo a los cuestionarios rellenados durante el estudio de uso

Como se especificaba en los párrafos anteriores, el otro problema está relacionado con el ángulo de visión del usuario debido a su altura y la calibración de la pantalla táctil. Los botones en la pantalla parecen estar en diferentes posiciones dependiendo del ángulo de visión. Sin embargo el área de cada botón que responde a la interacción es la superficie perpendicular al usuario en la imagen, esto lleva a que se cometan frecuentes errores en el teclado virtual ya que se presionan teclas contiguas en vez de las deseadas. Para este problema también existen varias soluciones:

- adaptar la precisión de los drivers de calibración quitando el cristal protector y aumentando la sensibilidad de la pantalla para poder determinar mejor la posición en la que presiona el usuario;
- usar reconocimiento facial para determinar la altura de la persona y mostrar el teclado en diferentes posiciones en la pantalla según la altura del usuario o bien cambiar la interfaz con unos botones mucho más grandes extendiendo las áreas de interacción en general.

De todas maneras se debería considerar la eliminación del cristal protector o bien valerse de un cristal más flexible que permita ajustar mejor la sensibilidad y precisión de la interacción con la pantalla, aunque la posición de la pantalla no estrictamente vertical al suelo como se ha comentado ayudaría en cualquier caso a la interacción por parte del usuario. Respecto a la ergonomía del quiosco como se ha puntualizado anteriormente, el lugar donde es mostrado el teclado virtual no es totalmente confortable para ciertos usuarios ya que para obtener una precisión adecuada algunos de ellos necesitan doblar la espalda para obtener un ángulo de visión que les permita no cometer errores.

En las siguientes Figuras 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10 se presentan los datos más relevantes extraídos de este estudio de uso.

Para más información se puede consultar el capítulo 4 del Apéndice A: *Deployment, system test and evaluation*.

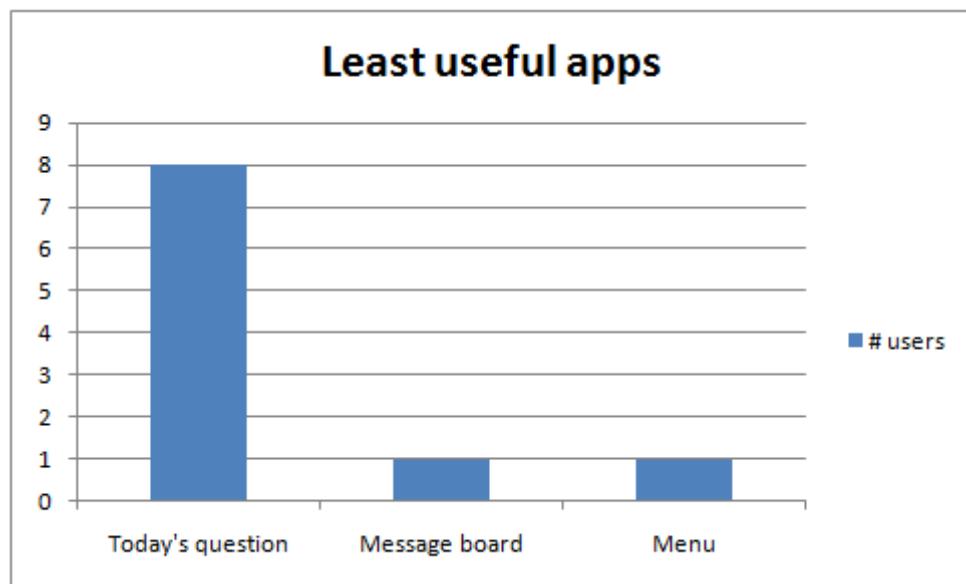


Figura 3.2: Aplicación menos útil de acuerdo a los cuestionarios rellenados durante el estudio de uso

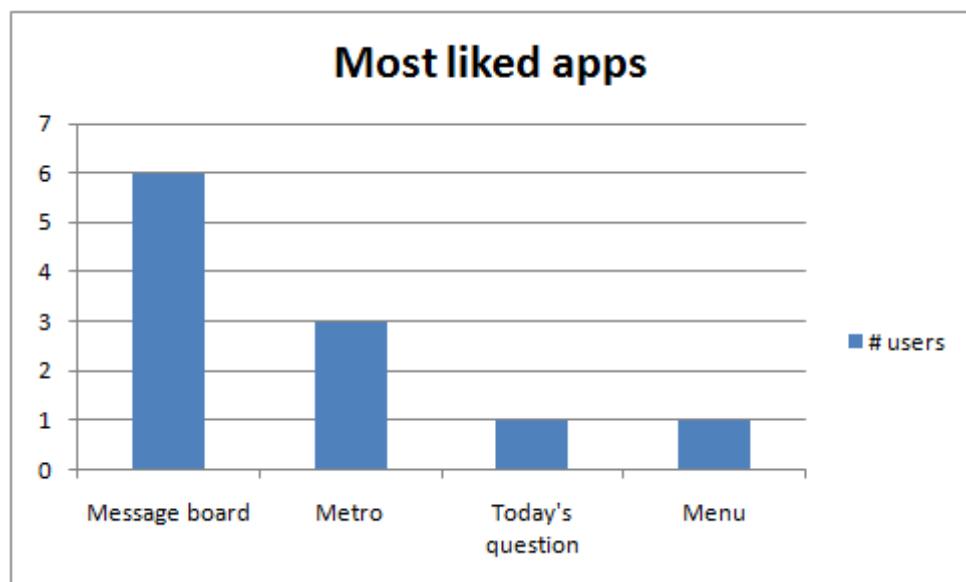


Figura 3.3: Aplicación más valorada de acuerdo a los cuestionarios rellenados durante el estudio de uso

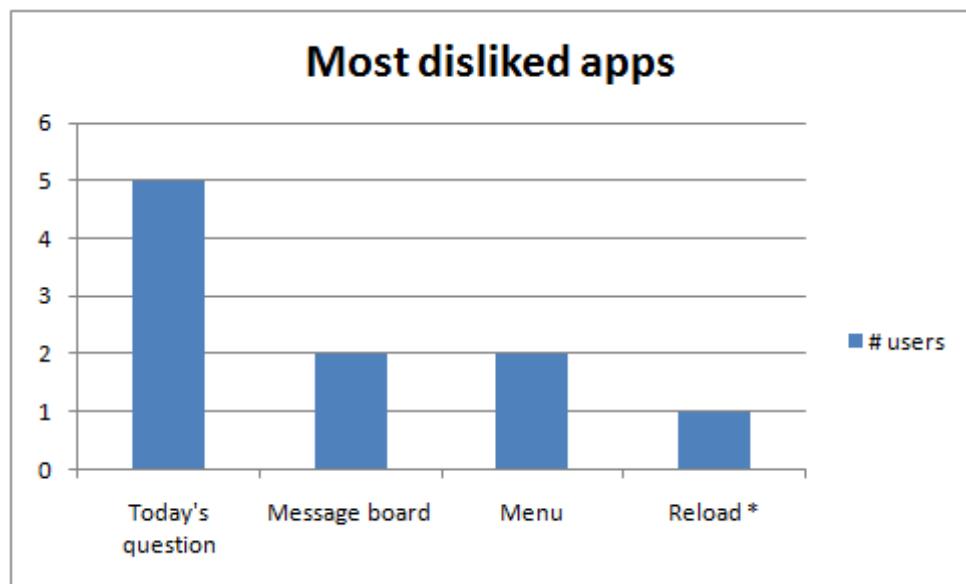


Figura 3.4: Aplicación menos valorada de acuerdo a los cuestionarios rellenos durante el estudio de uso

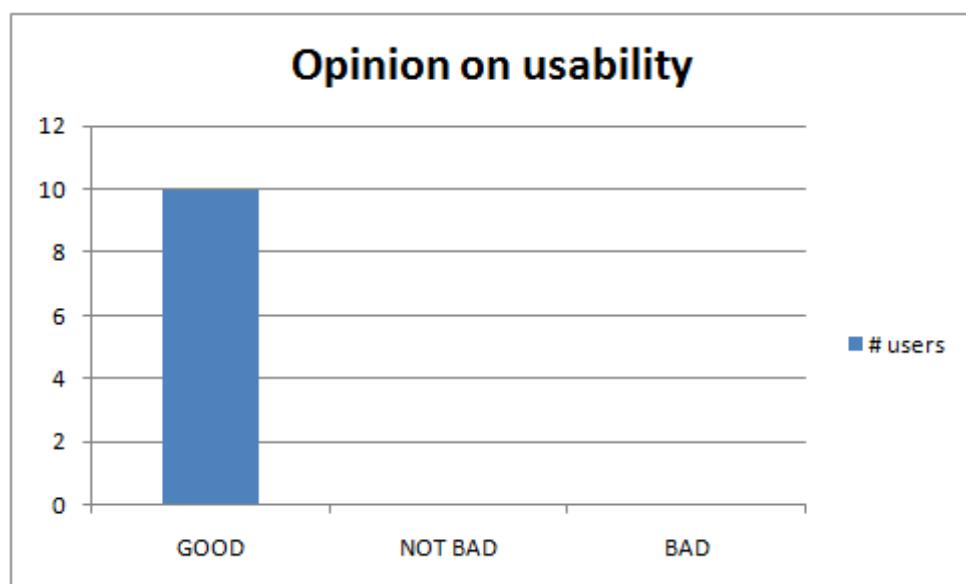


Figura 3.5: Opinión acerca de la usabilidad del sistema

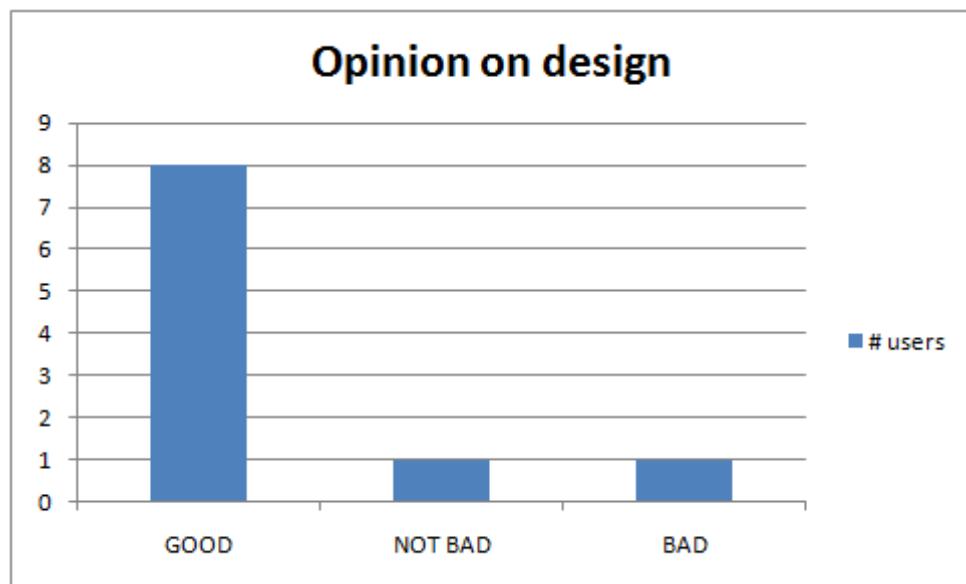


Figura 3.6: Opinión acerca del diseño utilizado

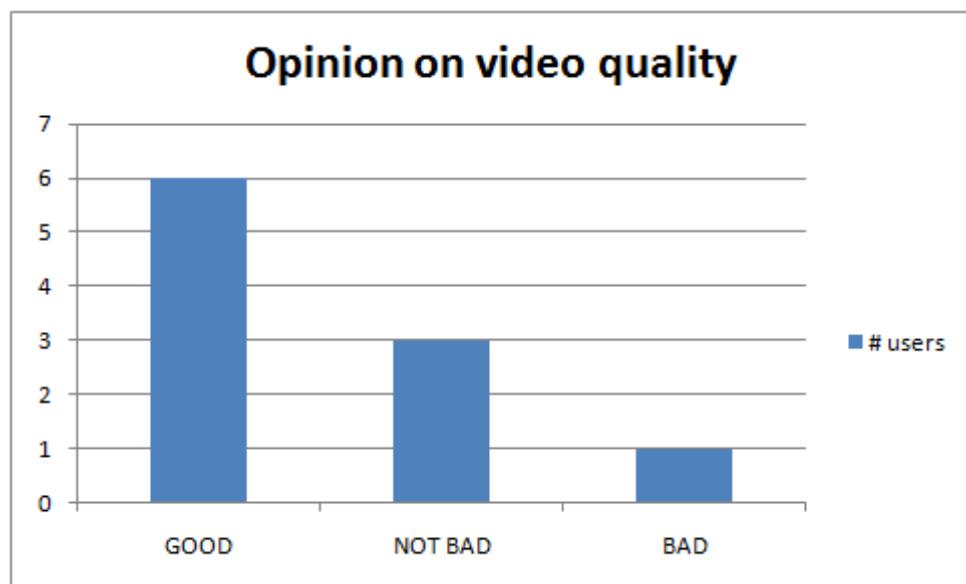


Figura 3.7: Opinión acerca de la calidad en la reproducción y grabación de los video mensajes

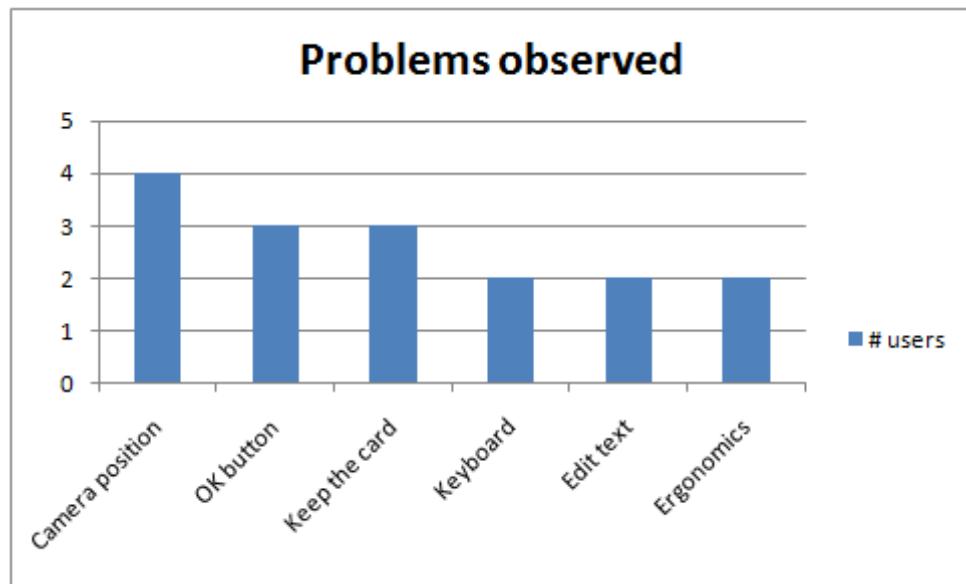


Figura 3.8: Problemas observados durante la exploración libre del quiosco

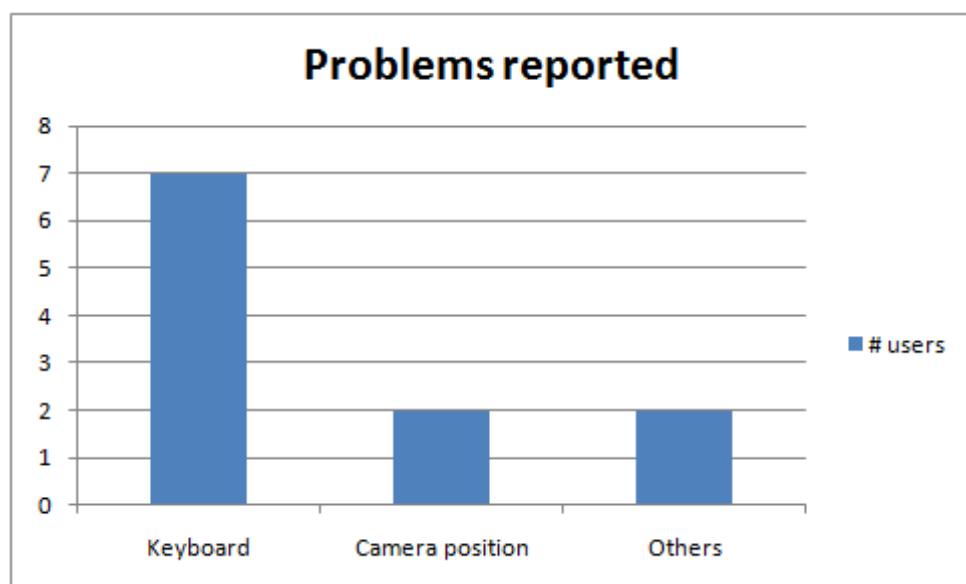


Figura 3.9: Problemas descritos por los usuarios durante el estudio de uso

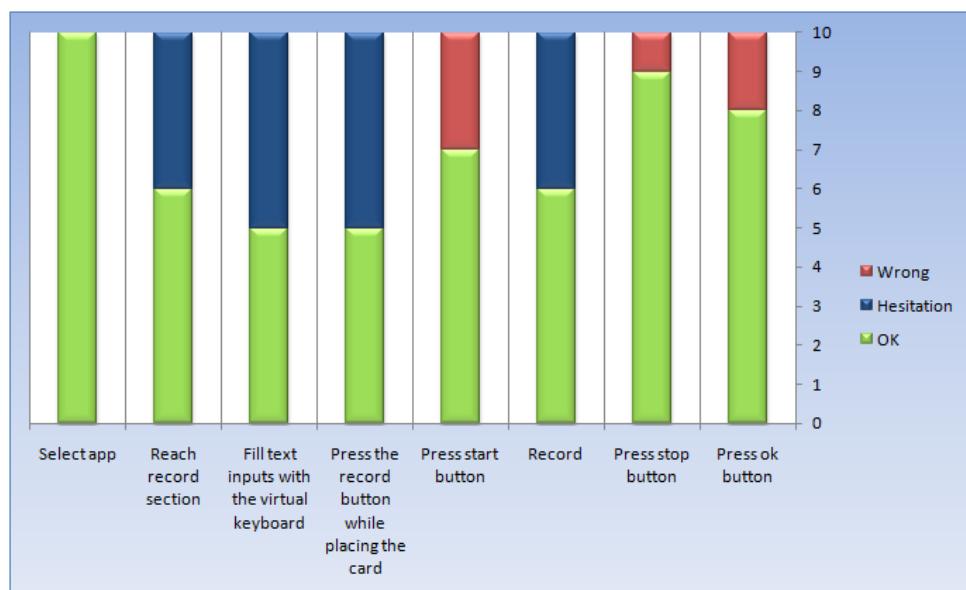


Figura 3.10: Evaluación de la usabilidad en la tarea de grabar un vídeo mensaje desglosada en sus pasos básicos

Capítulo 4

Conclusiones

En este capítulo final se realiza un resumen de lo aprendido durante este proyecto, las conclusiones y resultados obtenidos a partir de los estudios realizados para el quiosco y las posibles mejoras y futuras aplicaciones del quiosco interactivo para el Rolex Learning Center.

Como resultado final del proyecto contamos con un prototipo de quiosco interactivo totalmente operativo y funcional que se encuentra actualmente a disposición de la comunidad universitaria en la EPFL. El quiosco cuenta con un sistema audiovisual para la grabación y reproducción de vídeos, un lector de tarjetas universitarias y una pantalla táctil, todo ello integrado en el tótem que sirve de soporte al dispositivo. En su interior se encuentra el mini PC que realiza la función de servidor en el que está instalado el servidor web, el servidor de bases de datos y el servidor de contenidos por streaming. El quiosco ofrece cinco aplicaciones diferentes: el panel de video mensajes, la aplicación para la consulta de los horarios del metro, la aplicación para la consulta de los menús de los restaurantes y cafeterías de la escuela, una aplicación de encuesta acerca de temas de actualidad relevantes para la comunidad universitaria y una aplicación para recoger el *feedback* de los usuarios. Si nos fijamos en los objetivos que se describen en la Introducción y en los requisitos que se recogen en el Análisis podemos comprobar que se cumplen todos ellos.

4.1. Revisión personal

Desde mi perspectiva personal este proyecto ha sido desde el inicio un desafío ya que tuve que tomar casi todas las decisiones importantes concernientes al desarrollo del proyecto tales como la tecnología a usar, el contenido a implementar, la interacción a explorar además de elegir cada pequeño detalle entre un mar de posibilidades ya que mi supervisor me daba plena libertad de construir el quiosco basado en mi visión particular por lo que ha sido también muy satisfactorio. He aprendido mucho acerca de las tecnologías utilizadas durante el desarrollo y ha sido realmente sorprendente ver como todo el proyecto crecía de simplemente una pantalla táctil apoyada en mi mesa a un sistema completo montado en un soporte futurista y funcionando a pleno rendimiento mientras era utilizado por el público que se encontraba en el edificio. Por otro lado, he descubierto que una buena planificación siempre lleva a mejores resultados, y es algo en lo que debería poner más atención para futuros proyectos. He disfrutado mucho analizando los problemas encontrados o los pequeños desafíos, como recabar la información del estudiante a través de la tarjeta universitaria, encontrando las soluciones apropiadas para construir el dispositivo. Creo que he tenido éxito en desarrollar un sistema final capaz de ser útil para la gente en el Rolex Learning Center que queda demostrado por los meses que se ha mantenido operativo en el edificio. Estoy contento sabiendo que gracias al estudio final llevado a cabo, muchas mejoras pueden hacerse para desarrollar otros prototipos más avanzados y que hay muchas personas

interesadas en poder realizarlas de aquí en adelante. Con respecto a las observaciones realizadas y los problemas descubiertos acerca de la interacción con el dispositivo, vemos que las decisiones a la hora de diseñar una interfaz y disponer los elementos para la interacción con el usuario no son para nada triviales y requieren un análisis profundo ya que el resultado final se encontrará en gran parte influenciado por la sensación del usuario al utilizar el dispositivo, con lo que la usabilidad y la accesibilidad deben ser tenidas muy en cuenta. Cada persona interactúa con el sistema de una manera diferente, así que se debe encontrar la manera de satisfacer un uso adecuado para todos ellos.

4.2. Mejoras acerca de lo implementado

Tras observar los resultados obtenidos, se puede pensar en muchas mejoras para el quiosco acerca de la ergonomía, la interfaz de usuario y la interacción. Es necesario alcanzar un punto en que la usabilidad y los contenidos vayan de la mano para proveer aplicaciones útiles e innovadoras relacionadas con el magnífico entorno del edificio. Acerca del diseño de la interfaz y del dispositivo en sí se pueden desarrollar mejoras respecto a la ergonomía del quiosco resolviendo los problemas de la posición y precisión del teclado virtual y de la posición y orientación de la videocámara y la pantalla en general. Otras posibles soluciones como se ha comentado en el capítulo anterior podrían ser el uso de reconocimiento facial para ofrecer una organización diferente de los elementos en la interfaz de acuerdo a la altura del usuario o bien algún tipo de ajuste físico de la pantalla.

Para las aplicaciones actualmente desarrolladas se ha pensado en las siguientes mejoras:

- *Aplicación “Horarios de metro”*

Al ser una de las aplicaciones mejor valoradas, se puede pensar en ampliar y mejorar el servicio incluyendo todos los autobuses que tienen parada en la EPFL. Para este fin y para conseguir una aplicación más fiable, se debería llegar a un acuerdo con la compañía de transporte para un acceso libre al servicio que proporciona los datos de tiempo real.

- *Aplicación “Panel de vídeo mensajes”*

Algunos de los usuarios no realizaban una asociación clara entre los vídeos y las respectivas categorías en las que se encontraban organizados, por lo tanto una interfaz que obligara antes de acceder a la lista de vídeos elegir una de las categorías en una pantalla de selección teniendo en cada una de ellas paneles diferenciados con sus vídeos particulares podría hacer el proceso más claro. Además es factible añadir una categoría de “vídeos graciosos” ya que muchos de los videos que se grabaron en el sistema fueron para probar el quiosco o para realizar un vídeo entre varios amigos simplemente para pasar el rato. Llevando esta idea a otro extremo se podría considerar la implantación de una televisión interactiva y colaborativa en el Rolex Learning Center, RLC TV, con algunas funcionalidades simples de edición de vídeos para poder realizar vídeos sin la necesidad de especificar una categoría o una finalidad, simplemente por entretenimiento y diversión.

- *Aplicación “Menús de los restaurantes”*

Mejora en la interfaz para mostrar precios y si se llegara a un acuerdo con las diferentes cafeterías y restaurantes para mostrar fotografías de los menús diarios elaborados por ellos mismos.

- *Aplicación “Pregunta diaria”*

Ya que muchos usuarios tienen problemas a la hora de reconocer que se trata de una pregunta de tipo sí o no, especificar de alguna manera este hecho, o bien permitir al usuario llenar también las posibles respuestas a su pregunta. Es necesario cambiar el

planteamiento de esta aplicación de opinión e interés general ya que fue de las menos valoradas por los usuarios, como por ejemplo, habilitar una web donde puedan ser visitadas todas las preguntas y respuestas realizadas en el quiosco para consultar sus estadísticas y ver cuáles son los intereses de la comunidad universitaria.

- *Aplicación “Feedback del usuario”*

Es absolutamente necesario mantener esta aplicación ya que siempre es importante valorar la opinión del usuario durante toda la vida útil del quiosco, porque siempre es posible realizar mejoras y a medida que el dispositivo empieza a formar parte en la vida universitaria, nuevas necesidades pueden ser afrontadas por el quiosco y se necesita conocer todas las sugerencias posibles que ayuden a ofrecer un servicio a la altura de las exigencias de la comunidad universitaria.

Finalmente sería interesante hacer accesible un portal web mediante el cual la gente interesada en desarrollar aplicaciones para el quiosco, pudiera servirse de las herramientas apropiadas como un SDK o una API para desarrollar sus propias aplicaciones de manera colaborativa para el dispositivo; siendo aprobadas por algún tipo de comité del Rolex Learning Center. En próximas iteraciones del proceso de construcción del dispositivo, se debería considerar más a fondo la ubicación del quiosco en el edificio para obtener un sonido claro en los vídeos, usar una pantalla no reflectante en el caso de colocarse frente a una fuente de luz y otros detalles que no se han tenido en cuenta para este proyecto ya que la ubicación del quiosco era provisional.

4.3. Futuras aplicaciones

Asimismo, otras futuras aplicaciones podrían incluir alguna de las sugerencias mostradas en el estudio inicial de la audiencia que sigan la línea de las aplicaciones de consulta, como por ejemplo, el servicio de bicicletas públicas en los parkings de la EPFL u otra información concerniente a la vida diaria del estudiante. El futuro de tener varios quioscos repartidos por otros edificios de la escuela funcionando a través de un servidor, ofrecería muchas más posibilidades en cuanto al desarrollo de aplicaciones de manera colaborativa que implicaran la interacción entre varios quioscos al mismo tiempo.

4.4. Tiempos y esfuerzo

Con respecto a la línea de tiempo sobre la que se ha desarrollado el proyecto, la Figura 4.1 muestra un diagrama de Gantt organizado con las diferentes fases del proyecto, con paquetes de trabajo e hitos importantes, además de las fechas de comienzo y fin de cada una de ellas.

Las horas de trabajo empleadas para el desarrollo del proyecto que ha sido llevado a cabo en aproximadamente 150 días a razón de 7 horas diarias, obtenemos una cantidad total de 1050 horas. En la Figura 4.2 queda reflejado el porcentaje de esfuerzo invertido en cada una de las fases.

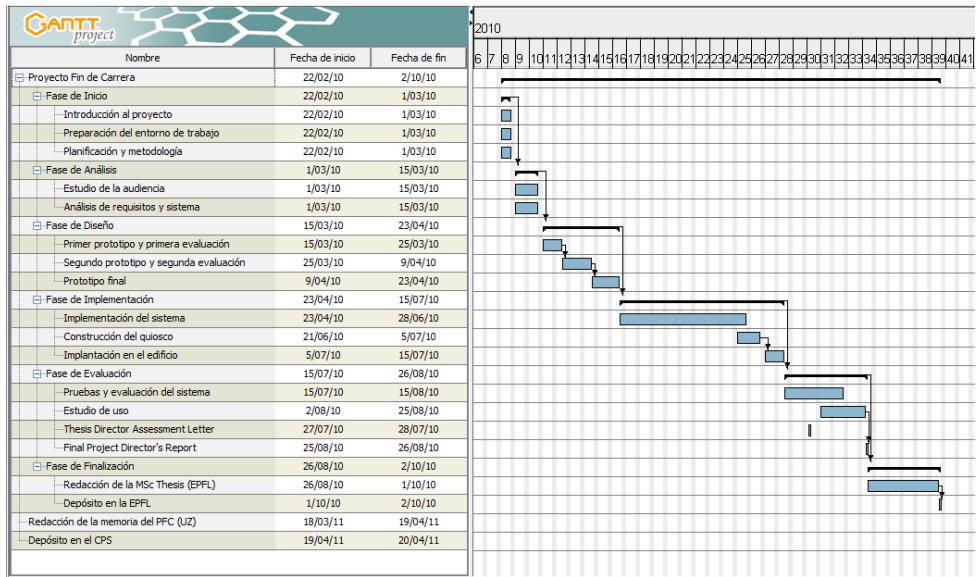


Figura 4.1: Diagrama de Gantt con el tiempo invertido en el proyecto organizado de acuerdo a sus diferentes fases

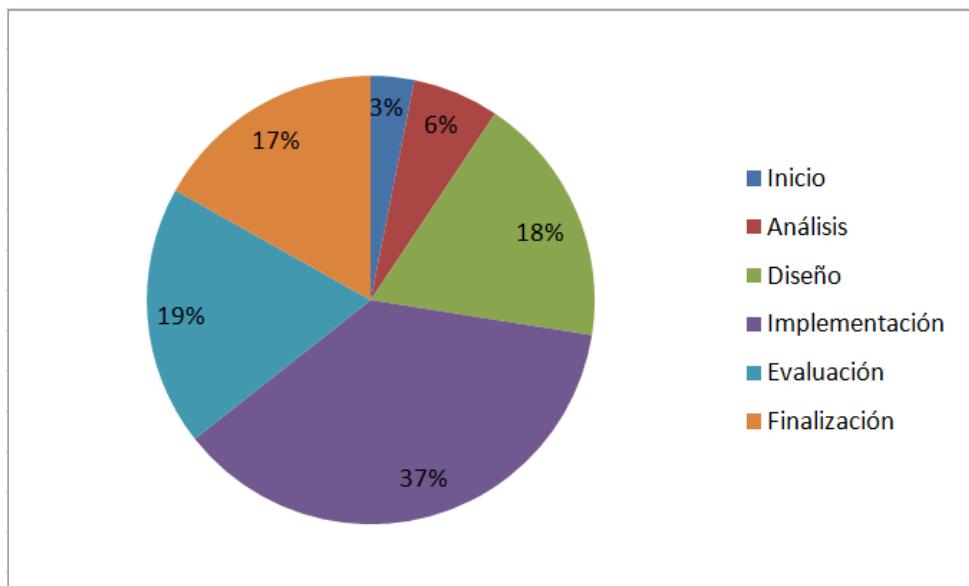


Figura 4.2: Gráfica de esfuerzo con el porcentaje del tiempo utilizado en cada fase del proyecto

Glosario

ActionScript 3.0 Scripting language developed by Adobe used primarily for the development of websites and software targeting the Adobe Flash Player platform, used on Web pages in the form of embedded SWF files, 21, 22

CAMIPRO EPFL personal badge card with a microchip (Standard Legic Advant) RFID (Radio-Frequency IDentification). The antenna that reads the badge is located at the right part of the contactless badge reader. This multifunction system is being installed by the Polyright company member the Kudelski and Securitas group, 2, 8, 10, 13, 22

Lightweight Directory Access Protocol (LDAP) Application protocol for querying and modifying data of directory services implemented in Internet Protocol(IP) networks, 21, 22

Macromedia eXtensible Markup Language (MXML) XML-based markup language for laying out user interface components. You also use MXML to declaratively define non visual aspects of an application, such as access to data sources on the server and data bindings between user interface components and data sources on the server, 21

MySQL Relational database management system (RDBMS) that runs as a server providing multi-user access to a number of databases, 1, 21, 22

Projected Capacitive Touch (PCT) Capacitive technology which permits more accurate and flexible operation, by etching the conductive layer in a capacitive touchscreen panel that consists of an insulator such as glass, coated with a transparent conductor, 1, 4, 12, 14

Hypertext Preprocessor (PHP) Widely used, general-purpose scripting language that was originally designed for web development to produce dynamic web pages, 1, 13, 21, 22

Radio-Frequency IDentification (RFID) Use of an object, typically referred to as an RFID tag, applied to or incorporated into a product, animal, or person for the purpose of identification and tracking using radio waves, 1, 4, 8, 10, 12–14, 21–23

Rich Internet Application (RIA) Web applications that have many of the characteristics of desktop applications, typically delivered either by way of a site-specific browser, via a browser plug-in, or independently sandboxes or virtual machines, 1, 21

Really Simple Syndication (RSS) Family of web feed formats used to publish frequently updated works such as blog entries, news headlines, audio, and video in a standardized format, 13

Simple Object Access Protocol (SOAP) Protocol specification for exchanging structured information in the implementation of Web Services in computer networks, 21–23

eXtensible Markup Language (XML) Set of rules for encoding documents in machine-readable form, 23

Bibliografía

- [1] Khaled Bachour, Frederic Kaplan, and Pierre Dillenbourg, *An Interactive Table for Supporting Participation Balance in Face-to-Face Collaborative Learning*, IEEE Transactions on Learning Technologies (2010).
- [2] Khaled Bachour, Hamed Seiied Alavi, Frederic Kaplan, and Pierre Dillenbourg, *Low-Resolution Ambient Awareness Tools for Educational Support*, CHI 2010 Workshop: The Future of HCI And Education, Atlanta, Georgia, USA, April 11, 2010.
- [3] P. Dillenbourg and J. Jermann, *Designing integrative scripts*, Scripting Computer-Supported Collaborative Learning - Cognitive, Computational, and Educational Perspectives, Computer-Supported Collaborative Learning Series, Springer, New York, 2007.
- [4] C. Lewis, *Using the thinking-aloud method in cognitive interface design*, Tech. Report IBM Research Report RC 9265, IBM, Yorktown Heights, NY, 1982.
- [5] J. Lorés and T. Granollers, *La ingeniería de la usabilidad y de la accesibilidad aplicada al diseño y desarrollo de sitios web*, AIPO, Lérida, Spain, 2004.
- [6] Trygve Reenskaug, *THING-MODEL-VIEW-EDITOR*, Tech. Report 5, Xerox PARC, May 1979.
- [7] Peter Pin shan Chen, *The entity-relationship model: Toward a unified view of data*, ACM Transactions on Database Systems **1** (1976).