



UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS

FACULTAD 4

CENTRO DE TECNOLOGÍAS PARA LA FORMACIÓN

SOLUCIÓN INFORMÁTICA INTEGRAL PARA INCLUIR A LA PLATAFORMA EDUCATIVA ZERA EN EL PARADIGMA M-LEARNING

Tesis presentada en opción al título de Máster en Informática Aplicada

Autor: **Ing. Yerandy Manso Guerra**

Tutor: **Dra. C. Roxana Cañizares González**

Dr. C. Juan Pedro Febles

Ciudad de la Habana, noviembre de 2015

“Design is the fundamental soul of a human-made creation that ends up expressing itself in successive outer layers of the product or service.”

— STEVE JOBS

“I don’t want to use a tool unless I’m going to use it really well. Doing any of these things halfway is worse than not at all. People don’t want a mediocre interaction.”

— SETH GODIN

“It takes many good deeds to build a good reputation, and only one bad one to lose it.”

— BENJAMIN FRANKLIN

“If you want to build a ship, don’t drum up the men to gather wood, divide the work and give orders. Instead, teach them to yearn for the vast and endless sea.”

— ANTOINE DE SAINT-EXUPERY

Agradecimientos

El primer agradecimiento de la presente investigación va para el equipo de trabajo de la plataforma ZERA, equipo con el que llevo más de cinco años trabajando y sin el cual el resultado final de esta investigación no hubiera sido posible. Les agradezco de corazón todo su apoyo e ideas, esta tesis es tan mía como de ustedes.

A Febles por ayudarme tanto y guiarme por el camino correcto, gracias por sus consejos e ideas le prometo que no saldrá de mi muy fácil porque aún me queda el largo camino de la investigación doctoral.

A mi esposa y tutora Roxana gracias por tu paciencia y consejos, sin tí no hubiera operaciona- lizado las variables, solo escribiré esto porque en las 80 páginas de esta investigación no cabe todo lo que quisiera decirte, te amo.

A la revolución, a la Universidad y en especial a la Facultad 4, por darme la posibilidad de hacerme ingeniero y ahora máster, espero continuar con su apoyo para poder emprender el camino de una investigación doctoral y en algún momento saber como retribuirlo.

A mis padres, a mi hermana y a mi familia que en los últimos meses ha crecido, aunque lejos siempre los llevo en mi corazón.

A todos los que me han ayudado en este largo camino.

Declaración de autoría

Por este medio declaro que yo Yerandy Manso Guerra, con carné de identidad 87081015166, soy el autor principal del resultado que expongo en la presente investigación titulada “Solución informática integral para incluir a la plataforma educativa ZERA en el paradigma m-learning”, para optar por el título de Máster en Informática Aplicada.

Autorizo a la Universidad de las Ciencias Informáticas a hacer uso de la misma en su beneficio, así como los derechos patrimoniales con carácter exclusivo.

Finalmente declaro que todo lo anteriormente expuesto se ajusta a la verdad y asumo la responsabilidad moral y jurídica que se derive de este juramento profesional. Y para que así conste, firmo la presente declaración jurada de autoría en la ciudad de La Habana a los _____ días del mes de _____ del año _____.

Firma del Autor

Resumen

Los avances en los dispositivos móviles y las tecnologías inalámbricas han impactado en el proceso enseñanza-aprendizaje, definiéndose un nuevo paradigma: el m-learning. La diversidad de dispositivos existentes y su crecimiento exponencial ha provocado que las aplicaciones adopten variantes para integrarse al m-learning: diseños web adaptativos (responsive web design), aplicaciones web (web app), aplicaciones nativas (native app) o aplicando alguna combinación de estas soluciones. En Cuba, aunque todavía insuficiente, el desarrollo de las telecomunicaciones ha mostrado un notable ritmo de crecimiento de los últimos 5 años, por lo que es necesario que las soluciones informáticas desarrolladas para entornos educativos tengan en cuenta su uso en diferentes dispositivos móviles. En la Universidad de las Ciencias Informáticas se desarrolló la plataforma educativa ZERA, sistema que dado sus características puede ser utilizado tanto a nivel nacional como internacional pero desde sus inicios no se concibió su utilización en dispositivos móviles. La presente investigación propone una solución informática integral que incorpora técnicas de diseño web adaptativo, la arquitectura de una aplicación nativa móvil que sentará las bases para el desarrollo de futuras aplicaciones y una capa de servicios web que permite la visualización de los contenidos de la plataforma educativa ZERA y la ejecución de sus principales funcionalidades en dispositivos móviles. La solución fue validada teniendo en cuenta la operacionalización de las variables presentes en la hipótesis, a través de los métodos científicos diferencial semántico y grupo focal, así como la utilización de la herramienta soapUI para comprobar los servicios web, demostrándose la visualización de los contenidos de ZERA en dispositivos móviles; con la aplicación de las pruebas funcionales se comprobó que las principales funcionalidades se ejecutaban sin dificultad, evidenciándose que existe una correspondencia entre los objetivos y los resultados obtenidos.

Palabras claves: aprendizaje móvil, diseño web adaptativo, servicios web

Summary

The advances in mobile devices and wireless technologies have impacted on the teaching and learning process, defining a new paradigm: m-learning. The diversity of devices and its exponential growth has caused applications to adopt variants to join the m-learning: responsive web design, web app, native app or using some combination of these solutions. In Cuba, although still insufficient, the development of telecommunications has shown notable growth in the last 5 years, so it is necessary that the solutions developed for educational environments take into account their use on mobile devices. In the University of Informatic Science educational platform ZERA was developed , system given its characteristics can be used both nationally and internationally but from the beginning it use is not designed for mobile devices. This research proposes a comprehensive software solution that incorporates techniques of responsive web design, the architecture of a mobile native application that will lay the foundation for the development of future applications and a layer of web services that allows the visualization of the contents of the educational platform ZERA and implementation of its main features in mobile devices. The solution was validated considering the operationalization of the variables in the hypothesis, through scientific methods semantic differential and focus group, well as the use of the tool soapUI to check the web services, showing the display of content on mobile devices ZERA; the application of functional testing found that the main features were implemented without difficulty, it is demonstrating that there is a correspondence between the objectives and results.

Keywords: m-learning, responsive web design, web services

Índice general

INTRODUCCIÓN	1
1. CONSTRUCCIÓN DEL MARCO TEÓRICO SOBRE LAS APLICACIONES EDUCATIVAS PARA SU USO EN DISPOSITIVOS MÓVILES	8
1.1. Evolución de la educación a distancia	8
1.1.1. M-Learning	9
1.2. Sistemas de gestión del aprendizaje	12
1.2.1. Plataforma educativa ZERA	14
1.3. La adaptación en el e-learning	15
1.3.1. Estrategias para la adaptación de contenidos en plataformas educativas	16
1.4. Responsive web design	17
1.4.1. HTML y CSS	19
1.4.2. Media queries	19
1.4.3. Flexibilidad	21
1.4.4. Frameworks de Cascading Style Sheets (CSS)	25
1.5. Aplicaciones web para móviles	26
1.5.1. Frameworks para crear aplicaciones web para móviles	27
1.6. Aplicaciones nativas	28
1.6.1. Sistema operativo Android	28
1.7. Servicios web	30
1.8. Evolución de las tecnologías móviles en Cuba	31
1.8.1. La educación en Cuba y el aprovechamiento de las tecnologías emergentes	33

2. PROPUESTA SOLUCIÓN	35
2.1. Solución informática integral	35
2.2. Responsive web design para la plataforma educativa ZERA	36
2.2.1. Puntos de quiebre	36
2.2.2. HTML semántico y cambios en el diseño según los puntos de quiebre	37
2.2.3. Adaptación de contenidos	40
2.3. Componentes	41
2.3.1. Componente recursos	41
2.3.2. Componente de subida de archivos	42
2.3.3. Componentes subsistema Curso	43
2.4. Capa de servicios	47
2.4.1. Interfaz AuthenticationService	48
2.4.2. Interfaz MovilService	48
2.5. Arquitectura XauceMovil v1.0	49
2.5.1. Clases, patrones y diagramas	50
2.5.2. Diseño de base de datos	54
3. VALIDACIÓN	56
3.1. Descripción de la validación de la hipótesis	56
3.2. Diferencial semántico de Osgood	58
3.3. Grupo focal	60
3.4. Herramientas para validar los servicios web	62
3.5. Pruebas funcionales	63
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES	66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
ACRÓNIMOS	76

ANEXOS	79
3.6. Código widget sfAOWidgetFormInputFile	79
3.7. Componente sfFileUploadComponents	80
3.8. Encuesta	83
3.8.1. Resultado de las encuestas	86
3.9. Grupo focal. Guía para su desarrollo	89

Índice de figuras

1.1. Clasificación general de sistemas m-learning	10
1.2. Crecimiento del acceso a la tecnología móvil en Cuba	32
2.1. Prototipos interfaz de usuario desarrollado	37
2.2. Interfaz final desarrollada.	38
2.3. ZERA 1.0 pantalla principal del subsistema administración	39
2.4. ZERA 1.2.1 pantalla principal del subsistema administración	39
2.5. Uso del componente de subida de archivo en un formulario	43
2.6. Capa de servicios plataforma ZERA.	49
2.7. Diagrama de paquetes XauceMovil	53
2.8. Prototipo interfaces XauceMovil	54
2.9. Modelo de datos base XauceMovil	55
3.1. Definición conceptual de las variables	56
3.2. Resoluciones de pantallas	59
3.3. Comparación en cuanto a adaptabilidad	60
3.4. Pruebas realizadas con SoapUI 4.5.1, REST	62
3.5. Pruebas realizadas con SoapUI 4.5.1 protocolo SOAP	63

Introducción

La sociedad actual tiene acceso a tecnologías de bolsillo de alto procesamiento y conectadas al igual que un computador convencional. Además de proveer acceso a Internet se han convertido en el principal modo de comunicación electrónica [Guy et al., 2010]: correo electrónico y mensajería instantánea.

Las tecnologías móviles ofrecen nuevas oportunidades para el aprendizaje, extendiéndolo más allá de la tradicional “aula de clases”. Los avances en los dispositivos móviles y las tecnologías inalámbricas han impactado en el proceso enseñanza-aprendizaje. Se plantea que el término aprendizaje móvil (m-learning por sus siglas en inglés) se utilizó por primera vez en Estados Unidos a finales de los 90 e instaurándose en Europa a inicios del siglo XXI [Pisanty et al., 2010].

En relación al término m-learning existe un amplio debate entre los investigadores [Pinkwart et al., 2003], [Kambourakis et al., 2004], [Georgiev et al., 2004], [Traxler, 2005], [Holzinger et al., 2005], [Trajkovski, 2006], [Caudill, 2007], [Campanella, 2012]. Los debates se centran principalmente en si el m-learning es el siguiente paso del aprendizaje electrónico (e-learning [Baelo Álvarez, 2009] por sus siglas en inglés) o si es una herramienta avanzada que se integra con el e-learning; en cualquiera de los casos es considerado un nuevo componente que ha surgido para apoyar la educación a distancia.

Los Learning Management Systems (LMS), uno de los sistemas más utilizados en la formación a distancia, se han incorporado con éxito al m-learning, sin embargo son insuficientes las soluciones desarrolladas. Dentro de las punteras se encuentra el LMS privativo Blackboard [Blackboard, 2014], con su aplicación Blackboard Mobile Learn [Mobile, 2014] en sus versiones

para los sistemas operativos Android¹, IOS² y Blackberry OS³. Moodle [Moodle, 2014] después de varios intentos fallidos a partir de su versión 2.0, cuenta con funcionalidades que permiten la creación de diseños adaptativos y la integración con Moodbile [Moodbile, 2014] (aplicación nativa para IOS y Android).

Los LMS han adoptado variantes para incorporarse o integrarse al m-learning, ya sea realizando diseños web adaptativos (responsive web design), aplicaciones web para móviles (mobile web app), aplicaciones nativas (native app) o aplicando alguna combinación de estas soluciones.

El término Responsive Web Design (RWD) fue acuñado por Ethan Marcotte en un artículo publicado en la web *A List Apart* [Marcotte, 2010]. La esencia de esta alternativa es la creación de páginas web que adaptan su visualización al dispositivo a través del cual se accede, sea móvil, tableta u ordenador de escritorio convencional. Existen ventajas significativas, algunas de las principales se enuncian en la sección (1.4) del Capítulo (1) y en [Peterson, 2014] se realiza un análisis profundo. A pesar de sus beneficios elegir esta variante como única forma de inserción en el paradigma m-learning, tiene sus limitaciones:

- No aprovecha las características de cada dispositivo móvil y sistema operativo, aunque mejora la interfaz y logra que la Web sea visualizada en muchos escenarios.
- Requiere que los usuarios siempre estén conectados.
- Obliga la descarga de todos los contenidos de una página, requiriéndose una conexión que posea un buen ancho de banda.
- Las imágenes son a menudo simplemente alargadas y re-dimensionadas, provocando un impacto negativo en el tiempo de descarga.

Las aplicaciones web para móviles son sitios web creados específicamente para los dispositivos móviles. Generalmente las herramientas cuando adoptan esta alternativa tienen la aplicación oficial y la optimizada para dispositivos móviles. Esta variante tiene un impacto negativo

¹Sistema operativo basado en el kernel de Linux diseñado principalmente para dispositivos móviles, perteneciente a la empresa Google.

²iPhone Operating System, sistema operativo móvil de la empresa Apple Inc.

³Sistema operativo móvil desarrollado por RIM para los dispositivos BlackBerry.

en el posicionamiento web, duplica en gran parte los esfuerzos de los equipos de desarrollo, en esencia los sistemas deben crear distintas versiones para los diferentes dispositivos [Zhao, 2010]. Además esta variante tiene las mismas desventajas que los diseños adaptativos, pero logra la descarga de recursos y páginas web de forma eficiente ya que estos se encuentran optimizados para cada tipo de dispositivo.

Las aplicaciones nativas [Díaz-Antón and Pérez, 2005] son desarrolladas para que se ejecuten en el propio dispositivo móvil, se compilan, se instalan sin necesidad de un navegador web, contienen bibliotecas/librerías y frameworks de funciones de bajo nivel que interactúan con cada sistema operativo (IOS, Android, etc.). Los costes de desarrollo, mantenimiento y sus posibles actualizaciones son más altos que en otras alternativas, sin embargo según reportes de la web Flurry Analytics [Khalaf, 2013] los usuarios pasan el 80 % del tiempo usando aplicaciones nativas y solamente el 20 % usando el navegador de un dispositivo móvil, esta diferencia se debe sobre todo a:

- Permiten explotar al máximo las prestaciones de los dispositivos móviles tales como: Global Positioning System (GPS), acelerómetro, captura de imágenes, audio y vídeo, 3D, agenda de contactos, calendario, etc.
- Permiten sincronización y el cacheo de datos para funcionar offline.
- Proporcionan una mejor experiencia de usuario, pues la interfaz no tiene que cargarse con el resto de los datos.
- Trabajan con las notificaciones internas de cada entorno manteniendo al usuario al tanto de nuevas noticias o actualizaciones.

La tendencia en las plataformas educativas, en específico los LMS, es que cada uno tenga su propio desarrollo m-learning, por algunas de las variantes ya mencionadas (responsive web design (RWD), mobile web app, native app) a pesar que estas soluciones comparten funcionalidades similares.

En Cuba, aunque todavía insuficiente, el desarrollo de las telecomunicaciones ha mostrado un notable ritmo de crecimiento de los últimos 5 años, notificó en junio de 2013 el diario Juventud Rebelde. Además anunció que apenas se cuenta con un 25,8 % de densidad telefónica, lo que se traduce en un total de 2900 mil líneas.

La tendencia de los servicios de comunicaciones es a desarrollarse y en este sentido la telefonía celular se impone cada vez más, a pesar de las limitaciones económicas y financieras se están realizando ingentes esfuerzos por desarrollar al país en el sector de las comunicaciones y a estos efectos se plantea en los Lineamientos de la política económica y social del partido y la revolución emanados del VI Congreso del PCC: *“Eleva la soberanía tecnológica en el desarrollo de la infraestructura de telecomunicaciones y fomentar el desarrollo de nuevas plataformas tecnológicas en neurotecnología, nanotecnología, robótica y telemedicina”*.

Durante el cierre del congreso Universidad 2014, el representante de la Oficina Regional de Cultura para América Latina y el Caribe de la UNESCO reconoció que la educación cubana es un ejemplo para el mundo por sus altos índices de implementación. Planteamiento que evidencia el esfuerzo que en esta tarea ha volcado la revolución cubana.

En lo concerniente a la educación superior, desde hace varios años se encuentra en un proceso de universalización, que tiene como objetivo ofrecer alternativas de educación de pregrado y postgrado, teniendo en cuenta las diferentes modalidades de cursos, relacionados con los avances alcanzados por las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC). Una evidencia de esto es la creación del Centro Nacional de Educación a Distancia (CENED), centro de estudios de alcance nacional, para desarrollar actividades de pregrado y posgrado en modalidad virtual.

En la medida en que se amplíe el estudio a distancia en Cuba, se necesitarán aplicaciones educativas desarrolladas para ser visualizadas o ejecutadas en los móviles. Estas deberán seguir las políticas de migración hacia aplicaciones y plataformas de código abierto, en concordancia con el desarrollo del proceso de informatización de la sociedad como parte de la ejecución por el país de una política orientada a alcanzar la seguridad, invulnerabilidad e independencia tecnológica, estipulado así por el Acuerdo No. 84 del 2004 del Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros de la República de Cuba.

En Cuba se constató a través de un diagnóstico y entrevistas a especialistas de tele-formación de universidades del país [Cañizares González, 2012] que existe un uso generalizado del LMS Moodle y que ninguna plataforma nacional se ha insertado en el paradigma de aprendizaje m-learning, a pesar de que la tendencia a nivel internacional reflejada en informes como Horizon 2012 [Johnson et al., 2012] y Horizon 2015 [Johnson et al., 2015] plantean el uso generalizado de las aplicaciones móviles con fines educativos en los próximos años.

En la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) se desarrolló un LMS denominado: plataforma educativa ZERA, entre sus principales características se pueden destacar:

- Basada en hiper-entornos de aprendizajes.
- Creación de cursos con una estructura capitular donde el contenido se muestra como un libro: avance del contenido (marcador de libro), resaltado y apuntes al contenido.
- Creación de 30 tipos de recursos educativos y 11 tipologías de ejercicios.
- Soporte para las especificaciones IMS-QTI⁴ y SCORM⁵.
- Sugerencias de uso, registro de avance, evaluación por rúbricas y por competencias.
- Ideal para el trabajo semi-presencial (b-learning⁶) y a distancia (e-learning).
- Atención diferenciada: recorridos dirigidos, softareas, orientaciones de trabajos.
- Sistema distribuido, ideal para instituciones con problemas de conectividad.
- Gestión académica, herramientas de la web 2.0, sistema con varios roles, etc.

Esta plataforma debido a sus características puede ser utilizada en Cuba y en otros países. Sin embargo, en su concepción no se tuvo en cuenta la utilización de esta en dispositivos móviles. Esto ha traído consigo las siguientes afectaciones:

- No se muestran de forma correcta los distintos componentes visuales y sus contenidos, afectando la usabilidad y la aceptación por parte de los usuarios.
- No se brinda soporte para la gran variedad de dispositivos móviles existentes.
- No se tuvo en cuenta ninguna optimización referente a las bajas prestaciones de los dispositivos móviles.

⁴Especificación que permite el intercambio de datos, pruebas y resultados entre LMS y otras herramientas.

⁵Conjunto de estándares y especificaciones que permite crear objetos pedagógicos estructurados.

⁶En términos generales, éste se define como aquel conjunto de propuestas educativas en las que se utilizan, de forma mixta, algunos formatos tanto de *e-learning* (por ejemplo, plataformas de aprendizaje virtual) como electrónicos (simulaciones, videos, etc.) complementados con los beneficios de la enseñanza presencial [Rojas Hernández et al., 2014]

- Dificultades en su comercialización por no poseer las características necesarias para su inclusión en el paradigma m-learning.

Por lo expuesto se identifica el siguiente **problema científico**: las limitaciones en el diseño y arquitectura de la plataforma educativa ZERA impiden su incorporación en el paradigma m-learning, afectándose la visualización de sus contenidos y su correcta ejecución en dispositivos móviles.

Objeto de estudio: aplicaciones educativas para su uso en dispositivos móviles.

Objetivo general: desarrollar una solución informática integral que incorpore técnicas de diseño adaptativo, una aplicación nativa móvil y una capa de servicios para lograr que se visualicen los contenidos de la plataforma educativa ZERA y se ejecuten sus principales funcionalidades en los dispositivos móviles.

Campo de acción: las técnicas de diseño adaptativo y de desarrollo de aplicaciones nativas vinculadas a plataformas educativas.

Hipótesis: si se desarrolla una solución informática integral que incorpore técnicas de diseño adaptativo, una aplicación nativa móvil y una capa de servicios entonces los contenidos y las principales funcionalidades de la plataforma educativa ZERA se visualizarán y se ejecutarán en los dispositivos móviles.

Aporte práctico:

- Diseño adaptativo para la plataforma educativa ZERA que permite su visualización en diferentes navegadores y resoluciones de pantallas.
- Aplicación nativa para dispositivos móviles de la plataforma educativa ZERA, desarrollada con tecnologías libres.
- Capa intermedia de servicios que permite la comunicación entre la plataforma educativa ZERA y el resto de los productos desarrollados en el centro FORTES.

Novedad:

- Solución informática integral que permite incorporar los programas de capacitación/superación ofrecidos en la plataforma educativa ZERA, al paradigma m-learning, ofreciendo servicios acorde a las tendencias educativas actuales y aportando a la soberanía tecnológica reclamada por el país.

Los métodos científicos que se utilizan para la presente investigación son: **análisis-síntesis**, para el estudio de las fuentes bibliográficas existentes referente al tema, identificando los elementos más importantes y necesarios para dar solución al problema planteado; **inductivo-deductivo**, para el estudio de las principales iniciativas de plataformas educativas incluidas en el paradigma m-learning, las tecnologías y soluciones existentes, con el objetivo de determinar cuáles son las alternativas viables a incorporar en la presente investigación; **histórico-lógico**, con el fin de realizar un estudio de cómo han evolucionado las soluciones para la inclusión al m-learning y el desarrollo de aplicaciones móviles; **modelación**, para la representación explícita de la solución propuesta a través de la modelación de las ideas y referentes teóricos extraídos de las fuentes bibliográficas consultadas; **encuesta**, se utilizó como instrumento para la validación de la propuesta, relacionada con el **diferencial semántico de Osgood** utilizado para la validación del RWD; **análisis documental**, en la consulta de la literatura especializada en las temáticas afines de la investigación; **grupo focal**, con el fin de comprobar que la arquitectura propuesta para la aplicación nativa XauceMovil v1.0 es extensible y tributa a la reutilización y mantenibilidad del código.

La tesis está estructurada en tres capítulos. En el capítulo 1 se analiza y se exponen los enfoques teóricos, las principales investigaciones que anteceden a la presente, con el objetivo de generar el marco teórico y describir los principales elementos y tecnologías utilizadas para permitir que las herramientas sean funcionales desde un dispositivo móvil.

En el capítulo 2 se describe la solución relacionada con las tres alternativas que se desarrollan para lograr la visualización de la plataforma ZERA en dispositivos móviles (el diseño adaptativo, la aplicación nativa y la capa de servicios).

En el capítulo 3 se hace una descripción de la aplicación de los métodos científicos y las pruebas realizadas empleadas para comprobar la validez de la investigación.

Por último se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación, las fuentes bibliográficas consultadas y los anexos que contienen la documentación probatoria de los aspectos más significativos del proceso de investigación.

Capítulo 1

Construcción del marco teórico sobre las aplicaciones educativas para su uso en dispositivos móviles

En el presente capítulo se precisan los elementos teóricos para conformar el marco teórico relacionado con los aspectos definidos en el objeto de estudio. Se analizan las principales etapas por las que ha transcurrido la educación a distancia, haciendo énfasis en el impacto que ha tenido las tecnologías móviles en la educación. Se describen las soluciones existentes para incluir los LMS en el paradigma m-learning. Se destacan las principales características, tecnologías y buenas prácticas de los elementos asociados a la adaptación de contenido.

1.1. Evolución de la educación a distancia

Uno de los temas más estudiados y comentados dentro del ámbito pedagógico en la actualidad es la educación a distancia (d-learning), sobre todo por el auge que ha alcanzado el desarrollo de las TIC y al mismo tiempo la inclusión de estas en modelos de enseñanza a distancia.

El d-learning es una estrategia educativa basada en el uso intensivo de las nuevas tecnologías, estructuras operativas flexibles y métodos pedagógicos eficientes en el proceso enseñanza-aprendizaje, permiten que las condiciones, espacio, ocupación o edad de los estudiantes no sean factores limitantes o condicionantes para el aprendizaje [García Aretio, 2001].

La educación a distancia se remonta hacia el 3000 a.c. con el desarrollo inicial de los sistemas de lectoescritura (correspondencia) [Domínguez Figaredo, 2007] y de una forma más consiguiente a finales del siglo XIX y principios del XX. Varios autores han definido las etapas por las que ha transitado, a continuación se listan las principales, según un análisis realizado por [García Aretio, 2001], que toma como referencia a un número considerable de investigadores.

- Enseñanza por correspondencia.
- Enseñanza multimedias.
- Enseñanza telemática, reconocida también por “*enseñanza asistida por ordenador*”.
- Enseñanza colaborativa basada en Internet.
- Aprendizaje flexible inteligente.

A estas últimas etapas debido al protagonismo del Internet es posible formar a muchas personas completamente a distancia, apoyado en sistemas informáticos con las mejores prácticas existentes de trabajo colaborativo, utilización de recursos educativos altamente interactivos, evaluación en línea, etc. Es entonces donde surge el término ampliamente conocido como e-learning y que con la incorporación de la Web 2.0 se ha denominado e-learning 2.0.

Son muchos los autores que han elaborado definiciones del mismo, por citar algunos [García Aretio, 2001], [Area Moreira, 2004], [Bartolomé, 2004], entre muchos otros. A pesar de ser diferentes los criterios de estos, tienen una línea en común; ponen a los estudiantes como un actor activo de su aprendizaje, el profesor como un guía (tutor), el usuario puede estar en cualquier lugar y acceder en el tiempo según sus posibilidades, todo esto apoyado en las TIC.

1.1.1. M-Learning

A partir del desarrollo paulatino de los dispositivos móviles y las redes wifi¹ se creó un nuevo espacio donde nuevamente las tecnologías ponen a disposición de los profesionales de la educación una nueva vía para llevar a cabo la educación a distancia. Es así como surge el paradigma m-learning (aprendizaje móvil).

¹A partir de la marca Wi-Fi, ha pasado a ser utilizado como un sustantivo común con el que se alude a cierta tecnología de comunicación inalámbrica [Fundéu BBVA, 2011] basada en el estándar IEEE 802.11

Según [Holzinger et al., 2005] el término está dado por la posibilidad de la movilidad en el aprendizaje y es un paso posterior del e-learning y según [Georgiev et al., 2004] por la posibilidad de utilizar los dispositivos móviles para presentar los contenidos educativos.

El m-learning puede ser completamente online, offline y soluciones híbridas, utilizando una conexión síncrona y/o asíncrona para las comunicaciones y la transferencia de los contenidos. Para ambas variantes existen diferentes herramientas informáticas soportadas en arquitecturas robustas que permiten la conversión necesaria para la utilización y visualización de los contenidos en estos escenarios. Para ello se apoya en las tecnologías de las comunicaciones inalámbricas como: General Packet Radio Service (GPRS), Global System for Mobile communications (GSM), Bluetooth, Infrared Data Association (IrDA), Wifi, entre otras. En la figura 1.1 se puede apreciar una clasificación general de los sistemas m-learning.

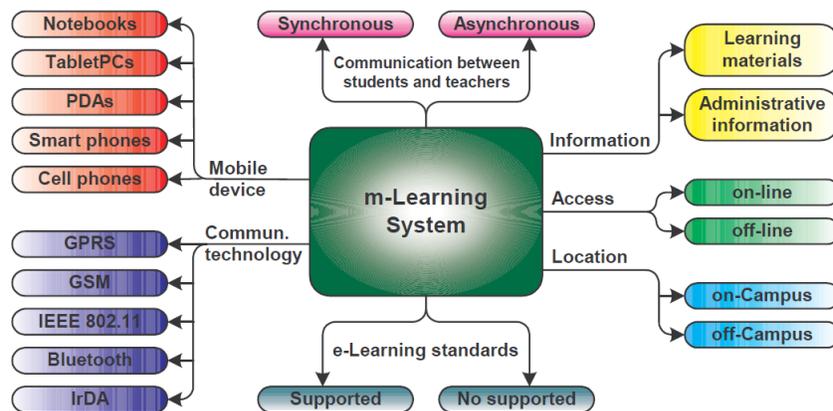


Figura 1.1: Clasificación general de sistemas m-learning [Georgieva et al., 2005].

El m-learning según [Pinkwart et al., 2003] es “*e-learning que utiliza los dispositivos móviles y la transmisión inalámbrica*”. [Kambourakis et al., 2004] plantean que es “*el punto en el que la computación móvil y el e-learning se cruzan para producir en cualquier tiempo y lugar una experiencia de aprendizaje*”. [Traxler, 2005] lo define como “*cualquier oferta educativa donde las únicas tecnologías o las tecnologías predominantes son dispositivos de mano o de bolsillo*”. Son muchos los autores que han tratado el tema. Para la presente investigación se comparte el criterio con [Campanella, 2012] donde a través de la expresión (1.1) establece las carac-

terísticas distintivas del m-learning.

$$m_learning = f\{t, s, Le, i, IT, M, m\} \quad (1.1)$$

- t – time; mientras que *t* era discontinua y discreta para los paradigmas anteriores de aprendizaje (por ejemplo, en el aula), para el m-learning el aprendizaje puede ocurrir de forma continua.
- s – space; el espacio en el m-learning no es un lugar real como un salón de clases, este representa más un espacio virtual.
- Le – l'environnement; el ambiente de aprendizaje es diferente en el m-learning debido a que las capacidades de “en cualquier momento y en cualquier lugar” de los dispositivos móviles fomentan una experiencia fuera del aula.
- i – informality; la informalidad, los temas educativos específicos y tópicos elegidos están estructurados de una manera completamente diferente y siguen diferentes reglas y prioridades.
- IT – technology; este parámetro es bastante complejo. Abarca los aspectos tecnológicos y las características momentáneas de tanto el dispositivo móvil como el medio ambiente circundante.
- M – motivation; motivación, este parámetro contiene un conglomerado de habilidades del alumno, el conocimiento previo, las preferencias, la atención momentánea.
- m – method; el método es un conglomerado de parámetros relacionados con la entrega y la interacción con el contenido. Estos pueden incluir la pedagogía, la filosofía, así como los aspectos técnicos y logísticos, como método de presentación (o evaluación).

Existen proyectos a nivel internacional expuestos en reportes de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) [UNESCO, 2012] que demuestran la fortaleza de los dispositivos móviles en la formación formal como son: **1:1** que no es más que suministrar a cada educando un dispositivo móvil y trae tu propia tecnología (**BYOT** por sus siglas en inglés) donde los alumnos pueden utilizar los dispositivos móviles

que ya poseen. Aunque se reconoce que el mayor impacto de los dispositivos móviles es en la formación informal.

Las conexiones inalámbricas de cierta forma permiten la movilidad de los estudiantes y profesores garantizando un aprendizaje más ubicuo. La ubicuidad del aprendizaje (u-learning) es otro de los términos que desde el informe Horizont del 2008 [New Media Consortium and Initiative Educauce Learning, 2008], se destaca que está llamado a convertirse en uno de los paradigmas más demandado en la educación debido a las ventajas que brinda. En [Shuler et al., 2013] se presenta un estudio desarrollado por la UNESCO sobre el aprendizaje móvil, cuyo propósito es lograr una mayor comprensión de cómo las tecnologías móviles pueden ser utilizadas para mejorar el acceso, la equidad y la calidad de la educación en el mundo con una proyección hasta el 2030. También la UNESCO plantea que en los próximos quince años el aprendizaje móvil se integrará más en el sistema educativo ordinario.

1.2. Sistemas de gestión del aprendizaje

Los LMS según [Ariel Clarenc et al., 2013], son software instalados en un servidor web, se emplean para crear, aprobar, administrar, almacenar, distribuir y gestionar las actividades de formación virtual (puede utilizarse como complemento de clases presenciales o para el aprendizaje a distancia), esta definición es compartida en la presente investigación.

En [Carrasco, 2011] se relata que en los últimos 20 años, las llamadas plataformas educativas (LMS, Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA)), han evolucionado desde proveer herramientas que eran compradas por departamentos de universidades, instituciones educativas o empresas, lo que permitía que muchas instituciones compartieran su trabajo de enseñanza virtual en varias de ellas, a ser sistemas a nivel de empresa comprados de manera institucional.

Según [Ariel Clarenc, 2013] existen 3 tipos de LMS:

- Comercial o propietario: Blackboard, WebCT, OSMedia, Saba, eCollege, Fronter, Sid-Web, e-ducativa, Catedr@.
- Software Libre: ATutor, Dokeos, Claroline, dotLRN, Moodle, Ganesha, ILIAS, Sakai, Chamilo.

- En la nube: Udacity, Coursera, Udemy, edX, Ecaths, Wiziq, Edmodo.

[Carrasco, 2011] llega a la conclusión que después de 20 años nadie cuestiona la validez del modelo open-source como una solución estable y creíble; Blackboard con su estrategia ha conseguido dominar fuertemente el espacio de las aplicaciones propietarias, eliminando la competencia por la vía de la compra de ellas o de patentes que le permitan sacarles del mercado; Moodle se ha consolidado como líder del modelo open-source mientras Claroline, Dokeos y similares han perdido muchas instalaciones y una gran parte de su comunidad de desarrolladores.

Con la evolución de las TIC y el surgimiento del m-learning como nuevo paradigma de aprendizaje muchos de estos LMS han sido punteras en la adopción de esta nueva forma de llevar conocimiento a los estudiantes.

Dentro de las punteras se encuentra el LMS privativo Blackboard [Blackboard, 2014], con su aplicación Blackboard Mobile Learn [Mobile, 2014] en sus versiones para los sistemas operativos Android, IOS y Blackberry OS.

Moodle [Moodle, 2014] después de varios intentos fallidos a partir de su versión 2.0, cuenta con funcionalidades que permiten la creación de diseños adaptativos y la integración con Moodbile [Moodbile, 2014] (aplicación nativa para IOS y Android).

También se encuentran otros casos descritos en [Ariel Clarenc et al., 2013] como son: FirstClass poderosa herramienta de colaboración, ofrecida por la empresa Open Text, adaptable a todo tipo de dispositivos y efectiva tanto para entornos educativos como corporativos; Edmodo es la combinación entre una plataforma educativa y una red social, esta es accesible desde cualquier dispositivo móvil; Edu2.0 nos ofrece las mismas alternativas que otras plataformas con la ventaja de no utilizar un servidor ya que el acceso es en línea, está dirigido al b-learning y es accesible incluso desde el iPhone e iPad.

Como se puede apreciar los LMS han adoptado variantes para incorporarse o integrarse al m-learning, ya sea realizando diseños web adaptativos (ver 1.4) , aplicaciones web (ver 1.5), aplicaciones nativas (ver 1.6) o aplicando alguna combinación de estas soluciones.

1.2.1. Plataforma educativa ZERA

En la UCI se desarrolló un LMS denominado: plataforma educativa ZERA, entre sus principales características se pueden destacar: basada en hiper-entornos de aprendizajes, creación de cursos con una estructura capitular donde el contenido se muestra como un libro: avance del contenido (marcador de libro), resaltado, apuntes al contenido, creación de 30 tipos de recursos educativos, creación de 11 tipologías de ejercicios, soporte para las especificaciones IMS-QTI y SCORM, sugerencias de uso y registro de avance, evaluación por rúbricas y por competencias, ideal para el trabajo semi-presencial (b-learning) y a distancia (e-learning), atención diferenciada: recorridos dirigidos, softareas, orientaciones de trabajos, sistema distribuido, ideal para instituciones con problemas de conectividad, gestión académica, fórum, chat, herramientas de la web 2.0, sistema con varios roles, etc.

Este conjunto de características convierte a ZERA en una plataforma capaz de competir con sus similares tanto a nivel nacional como internacional.

Arquitectura

La plataforma educativa ZERA está integrada principalmente por 7 subsistemas: *Administración*, como su nombre lo indica, es el encargado de la administración de toda la plataforma; en *Reportes* se gestionan los informes que se generan; las réplicas y salvadas de la base de datos son gestionadas desde *Réplica*; la gestión de los contenidos educativos se realiza en *Contenidos* y la de los recursos en el subsistema del mismo nombre; en *Aprendizaje* se gestiona todo lo relacionado con la administración del aprendizaje y algunos de los servicios de comunicación; finalmente en *Curso* se muestra todo el hiperentorno de aprendizaje.

Como estilo arquitectónico en la plataforma se utiliza Modelo Vista Controlador (MVC) y como principales patrones el MVC y el *Controlador Frontal*. Como parte de la estrategia establecida para la arquitectura de la plataforma fueron creadas un conjunto de componentes que facilitaban el desarrollo de la misma, apoyándose de las facilidades que permite el framework de PHP Symfony.

Esta arquitectura tiene como uno de sus principales problemas el hecho de que no fue concebida para que a la plataforma se accediera desde diferentes dispositivos. No se definieron pautas, ni estrategias para lograr que tanto los componentes visuales como las estructuras

de las página cambiaran según el tamaño de pantalla con el que se accediera, no se tuvo en cuenta la accesibilidad desde dispositivos móviles y la usabilidad de la plataforma en estos. No se concibió para soportar el paradigma de aprendizaje m-learning, por lo que es necesario hacer un análisis de las soluciones existentes, la tecnología y las buenas prácticas para permitir el uso de ZERA desde cualquier dispositivo.

1.3. La adaptación en el e-learning

La adaptación en el e-learning surge de la idea de que no hay un único estilo de aprendizaje que se ajuste a los tipos de estudiantes y a sus formas de aprendizaje. Dos enfoques se han introducido en esta área y el desafío de los sistemas adaptativos es el equilibrio entre estas dos diferentes formas de adaptación [Yaghmaie and Bahreininejad, 2011]:

- Adaptabilidad, que se refiere a la medida en que el sistema cambia basado en un cierto conocimiento sobre el estudiante.
- Capacidad de adaptación, que es como el sistema se adapta en respuesta al contexto donde se encuentre el usuario.

En la actualidad, el éxito de los sistemas de adaptación e-learning se ve en la prestación eficiente de los cursos por medio de técnicas avanzadas de personalización. Además, expertos de diferentes disciplinas de investigación coinciden en que la personalización es necesaria en entornos e-learning [García Barrios, 2007]: *“en las nuevas formas de enseñanza y paradigmas de aprendizaje los diferentes objetivos de aprendizaje requieren diferentes enfoques didácticos”*.

En los modelos de adaptación de contenidos existen dos elementos fundamentales: los usuarios y los contenidos educativos [Gómez et al., 2009]. Es importante también tener en cuenta el elemento contexto, este es [Dey, 2001]: *“cualquier información que pueda ser usada para caracterizar la situación de una entidad, una entidad es una persona, lugar u objeto que sea considerado relevante en la interacción del usuario con la aplicación, incluye el lugar, tiempo, actividades y las preferencias de cada entidad”*; cuando se tiene en cuenta se introducen una serie de variables importantes, la inclusión del contexto en el momento de mostrarle a los usuarios (estudiantes y profesores) el contenido de los cursos diseñados en alguna

plataforma educativa crea un nuevo modelo conocido como adaptación sensible al contexto (*context-aware adaptation*).

Un sistema es sensible al contexto si es capaz de usar la información que rodea al usuario para brindarle una mejor experiencia de trabajo, en el caso de una plataforma educativa se puede decir que es sensible al contexto si adapta su diseño, los cursos, contenidos y recursos que este tenga a las condiciones del usuario, permitiendo un aprendizaje óptimo.

En el caso de la adaptación de contenidos realizada para llevar los cursos de las plataformas educativas a dispositivos móviles como parte del contexto hay que tener en cuenta: las limitaciones de procesamiento, tamaño de pantalla, las distintas formas de entradas de datos, los tipos de ficheros que permite, el sistema operativo que usa y los sensores.

Por lo tanto, conociendo el contexto de los estudiantes y proveyendo los objetos de aprendizajes ideales en función de estos mejorará enormemente la eficiencia del m-learning. Es importante destacar que la adaptación se puede realizar en varios niveles [Pushpa, 2012]: adaptación a nivel de presentación, adaptación a nivel de contenido y la creación de la ruta de aprendizaje adaptativo.

1.3.1. Estrategias para la adaptación de contenidos en plataformas educativas

En [MobiForge, 2009] se enuncian cuatro estrategias para la adaptación de contenidos, que pueden ser aplicadas en cualquier contexto para brindarle a los usuarios una mejor experiencia en un ambiente ubicuo. A continuación se explican las estrategias a partir de un análisis realizado de [Zhao, 2010] y [MobiForge, 2009].

- One Size Fits All: El sistema es diseñado para todos los usuarios y todos los dispositivos, se utilizan las mismas interfaces y los mismos contenidos sin tener en cuenta las características de los dispositivos desde donde se accede.
- Minor Adaptation: A diferencia de la estrategia anterior esta es capaz de detectar las características de los dispositivos y realizar pequeñas adaptaciones a los contenidos como cambio en el tamaño de las imágenes, ocultamiento de contenidos, entre otros.
- Redirection: El sistema crea sitios optimizados para móviles y redirecciona a los usuarios a estos sitios, requiere el doble de esfuerzo y es considerado una solución temporal.

- Unified: Este enfoque necesita más planificación y experiencia que otros, puede recodificar el contenido original en el contenido adaptado de acuerdo al contexto y las capacidades de los dispositivos.

Según la estrategia utilizada la adaptación puede ser estática o dinámica [Rho et al., 2005]. Si la adaptación del contenido es estática, el servidor analiza la petición y devuelve los contenidos que este ya tenga pre-adaptados [Chang et al., 2008], de lo contrario si la adaptación es dinámica esta se realiza en el momento en que la petición llega al servidor, devolviendo los contenidos adaptados a las características del dispositivo [Lum and Lau, 2003] [Sharples, 2006]. Existe una amplia gama de implementaciones de modelos de adaptación de contenido. También es posible que la adaptación tenga lugar en la red. En relación con la ubicación donde se realiza la adaptación, [W3C-MWBP, 2008] clasifica tres tipos de adaptación de contenido: adaptación del lado del cliente, adaptación a través de un proxy y adaptación del lado del servidor.

Las dos estrategias más viables a usar serían Minor Adaptation y Unified, pero esta última requiere gran esfuerzo, tanto es así que en paralelo a la presente investigación se desarrolla otra que solo trata la estrategia Unified. Por lo tanto la estrategia que se seguirá es la de Minor Adaptation, tratándose la adaptación del lado del cliente y del lado del servidor, centrándose en técnicas de diseño, CSS, buenas prácticas entre otras que serán tratadas en las próximas secciones.

1.4. Responsive web design

La introducción del iPhone en el año 2007, fue un punto de cambio para el diseño web. Anteriormente los sitios web solo tenían que trabajar en monitores, que aunque variaban sus tamaños la diferencia no era significativa. Así surgió la interrogante: ¿cómo hacer que los sitios web funcionaran en estas pantallas tan pequeñas?

Por un tiempo se realizaron sitios web optimizados para las pantallas de los iPhone, estos eran sitios separados (ver 1.5). Dos sitios que mantener no era tan complejo, pero en los últimos años han surgido un número considerable de nuevos dispositivos con tamaños variables y eventualmente se ha hecho imposible desarrollar sitios separados para cada dispositivo.

Ante esta problemática se necesitaba una solución que abarcara la mayor cantidad de los tamaños de pantalla, se necesitaba una manera de diseñar sitios web que se adaptaran al tamaño de las pantallas desde donde se accedía [Peterson, 2014]. No fue hasta el año 2010 que Ethan Marcotte en un artículo publicado en la web *A List Apart* [Marcotte, 2010] acuñó por primera vez el término "*responsive web design*".

[Marcotte, 2010] plantea que el RWD es un método para diseñar sitios web flexibles, que no se basa únicamente en anchos de pantallas fijos sino que es capaz de detectar el ancho de pantalla y ajustar el diseño para proveer una experiencia adecuada de visualización en cada dispositivo.

Existen otros investigadores que han dado su propia definición de RWD, tal es el caso de [Knight, 2011] que lo define como el enfoque que sugiere que el diseño y desarrollo de un sitio web debe responder al comportamiento del usuario y al medio ambiente de este, basado en el tamaño de pantalla, la plataforma y la orientación de los dispositivos que este use para acceder al sitio.

También [Snell, 2013] concluye que el RWD provee una experiencia positiva e intuitiva independientemente del dispositivo, sin requerir sub-dominios separados para los dispositivos móviles, todo esto haciendo uso de las reglas de CSS *media queries* (ver 1.4.2) logrando que los elementos se adapten al ancho y orientación de los dispositivos.

En la práctica consiste en una combinación de diseño, plantillas flexibles y un uso inteligente de reglas de CSS. A medida que el usuario cambie de dispositivo, el sitio debe cambiar automáticamente para adaptarse a la resolución de pantalla de este. En otras palabras, el sitio web debe tener la tecnología para responder automáticamente al contexto del usuario.

Una razón convincente para el uso de RWD es que se crea un sitio web que no sólo se ve bien y funciona correctamente en los dispositivos que están en el mercado, sino que probablemente se verá bien y funcionará en los nuevos dispositivos que estarán disponibles en el futuro.

Una ventaja obvia de usar RWD es que trae menos esfuerzo y posibilita el mantenimiento futuro [Peterson, 2014], solo es necesario crear un sitio web que se visualizará desde distintos dispositivos, usando el mismo diseño, código y contenido, además este último se verá correctamente no importando el tamaño de pantalla donde se visualice.

Otra ventaja palpable es la ubicación del sitio web en los motores de búsquedas. Un sitio para móviles con un conjunto separado de URLs que pueden traer problemas con el posiciona-

miento en los resultados de los buscadores. Google desde el 2012 recomienda el uso de RWD para dispositivos móviles, no solo por la mejor experiencia que le brindan a los usuarios sino también porque le permite a Google obtener el contenido de los sitios más eficientemente, significando que los cambios de los sitios son actualizados en los motores de búsqueda más rápidamente.

1.4.1. HTML y CSS

El uso correcto de HyperText Markup Language (HTML) y de CSS son fundamentales para lograr un RWD adecuado, de ambos existen varias versiones siendo HTML5 [W3C-HTML5, 2014] la versión más actual de HTML y CSS 3 [W3C-CSS, 2011] de CSS.

Para lograr un RWD adecuado, limpio y accesible es necesario tener en cuenta algunos aspectos fundamentales de HTML, tal es el caso de la semántica, esta se refiere al uso de etiquetas HTML para reforzar la semántica o el significado de la información en los sitios web, la especificación HTML5 incorpora etiquetas con significado semántico como son: <header>, <nav>, <section>, <article>, <aside>, <footer>. Estas etiquetas son entendidas por los lectores de pantalla y cualquier otra herramienta que lea los sitios web, su uso permite aumentar la accesibilidad y mejora el posicionamiento en los buscadores.

Con HTML se crea la estructura de los contenidos de los sitios web y con CSS se le dice al navegador como darle estilo o sea, como mostrarlo. CSS se creó para separar el contenido de la forma, a la vez que permite a los diseñadores mantener un control mucho más preciso sobre la apariencia de las páginas.

La aplicación de los estilos a un sitio web se puede realizar de varias formas pero la más recomendada (por el autor) es en ficheros CSS, esto con el objetivo de mantener el HTML y el CSS separados para un mantenimiento futuro.

1.4.2. Media queries

Las media queries son reglas de CSS “*@media*” [W3C-MQ, 2012] que permiten mostrar diferente estilos de CSS basándose en las características de los dispositivos, fue incluida como parte de la especificación de CSS 2, pero solo soportaba consultas tales como screen y print. Comúnmente se usaba para crear una versión para imprimir de los sitios web pero su utilidad

terminaba ahí.

No fue hasta la versión CSS 3 que se le incluyeron consultas más específicas basadas en las características de los dispositivos, como el ancho, alto y capacidad de colores. Las media queries no afectan al HTML solo a los estilos aplicados a las páginas haciendo uso de CSS. Los navegadores empezaron a darle soporte en el 2009.

Esto permitió que se le pudieran añadir a los sitios web diferentes plantillas (layouts) para diferentes tamaños de pantallas sin tener que crear nuevos sitios web. Usando media queries se puede cambiar cualquier aspecto relacionado con el estilo de su sitio web, no solamente el número de columnas sino también pueden mover objetos, cambiar la fuente del texto, mostrar u ocultar contenido, ajustar márgenes y cualquier otro estilo que se pueda aplicar con CSS.

¿Cómo funcionan?, en la práctica es bastante sencillo, comienza con una pregunta, por ejemplo: ¿es el ancho de pantalla (la resolución horizontal) igual o menor que 480px?. Si cumple la condición entonces se aplica el estilo, existen varias formas de utilizar las medias queries, a continuación se muestran dos ejemplos (recomendados por el autor), el primero muestra el uso en una etiqueta link (ver código 1.1) y el segundo su uso dentro de un fichero CSS (ver código 1.2), ambos casos funcionan de forma similar.

Código 1.1: Uso de media queries en una etiqueta link.

```
<link rel="stylesheet" type="text/css" media="screen and (max-device-width: 480px)" href="shetland.css" />
```

Código 1.2: Uso de media queries en fichero CSS.

```
@media screen and (max-device-width: 480px) {  
  .column {  
    float: none;  
  }  
}
```

La versión CSS 3 incluye varios atributos importantes para el RWD como son: orientation (portrait² y landscape³), device-width, min-device-width, min-width, max-width, device-aspect-ratio, min-device-aspect-ratio, min-resolution, color, color-index, monochrome,

²Se refiere a la vista vertical o retrato

³Se refiere a la vista horizontal o paisaje

scan y grid. Aunque los navegadores modernos soportan el uso de media queries la realidad es que existen un gran número de estos que no las soportan [Deveria, 2014] o solo soportan algunos atributos como son min-width y max-width.

Puntos de quiebres

Otro elemento fundamental al usar las media queries es definir los puntos de quiebres o cambios (*breakpoints*), estos son los puntos donde el diseño cambiará de forma, o sea, se adaptará a los distintos anchos de pantallas y resoluciones.

Ethan Marcotte en su libro Responsive Web Design [Marcotte, 2011] enuncia una serie de puntos de quiebres (ver Tabla 1.1) , estos son solo sugerencias ya que lo recomendable es probar el diseño en diferentes anchos de pantallas.

Tabla 1.1: Puntos de quiebres enunciados en [Marcotte, 2011] para lograr RWD.

Pixeles	Descripción
320	Para dispositivos de pantallas pequeñas, como los celulares en modo <u>portrait</u> .
480	Para dispositivos de pantallas pequeñas, como los celulares en modo <u>landscape</u> .
600	Tables pequeñas, como <u>Amazon Kindle</u> (600x800) y <u>Barnes & Noble Nook</u> (600x1024), en modo <u>portrait</u> .
768	Tables de 10 pulgadas como los <u>iPad</u> (768x1024), en modo <u>portrait</u> .
1024	Tables como el <u>iPad</u> (1024x768), en modo <u>landscape</u> , también algunas <u>laptop</u> , <u>netbook</u> y monitores.
1200	Para pantallas <u>widescreen</u> .

Las media queries son un elemento fundamental en los RWD, sin estas no se podría hablar de diseño adaptativo. Estas pueden organizar las plantillas pero el RWD no funciona sin una base indispensable de flexibilidad.

1.4.3. Flexibilidad

Para que un sitio sea usable [Nielsen, 2012] cuando se ve en una variedad de tamaños de pantalla, un cierto grado de flexibilidad debe ser incorporada en el diseño. Div, fuentes, botones, y demás elementos deben ser capaces de crecer y encogerse sobre la base del tamaño

de la pantalla. En el RWD, esto se logra mediante el abandono de los *pixeles*⁴ en favor de porcentajes o unidades relativas llamadas *ems*⁵.

Las imágenes también deben ser capaces de expandirse y contraerse según sea necesario. Respecto a esto existen estrategias enunciadas por varios autores, algunos se centran en el uso de reglas CSS para lograrlo y otros proponen bibliotecas/librerías sobre todo de JavaScript para lograr una adaptación óptima.

Al utilizar imágenes en el diseño lo primero que se debe tener en cuenta es usar las imágenes que no sean posibles reemplazarlas por reglas CSS, de esta forma se reduce el peso de la página y se logra un diseño más adaptativo.

En [Snell, 2013] se plantea que existe dos formas de lograr la adaptación de las imágenes, la primera es establecer el ancho de la imagen al 100 % y la segunda ponerle un ancho predefinido ocultando el resto de la imagen con el atributo *overflow*. El autor concuerda con la primera opción pero considera que esta no resuelve el problema de la eficiencia.

Imágenes en el contenido

En las imágenes que se usan en el contenido hay que tener en cuenta su extensión, estas deben ser Joint Photographic Experts Group (JPEG), Graphics Interchange Format (GIF), o Portable Network Graphics (PNG), existen otros formatos de imágenes pero no son soportadas por todos los navegadores web. Las diferencias entre las extensiones de las imágenes usadas son importantes para el RWD porque el formato afecta el tamaño de la imagen y lo deseable es usar el formato que de como resultado la menor imagen posible. En [Peterson, 2014] se hace un resumen de cada uno de estos formatos.

Las imágenes no siempre se mostrarán en el mismo tamaño, porque son flexibles, así que ¿cómo asegurarse de no perderse el ancho de banda mediante el envío de una imagen grande a un dispositivo con una pantalla pequeña?

Para lograr entregar imágenes de acuerdo a las capacidades de los dispositivos con los que se accede sin desperdiciar ancho de banda se creó W3C's Responsive Images Community Group [W3C-RICG, 2014]. Este grupo pro-

⁴Pixel: acrónimo del inglés "*picture element*", es la menor unidad homogénea en color que forma parte de una imagen digital, ya sea esta una fotografía, un fotograma de vídeo o un gráfico.

⁵La unidad "*em*" es una unidad escalable y está en relación al tamaño de la fuente.

pone dos soluciones potenciales para el problema de la adaptación de las imágenes, el elemento `<picture>` y el atributo `srcset` pero ninguna de las dos soluciones ha sido implementada por los principales navegadores, ni aún son parte de HTML. Sin embargo, ya que aún no es posible usar de forma nativa ninguna de las dos soluciones anteriores han surgido algunos *polyfills*⁶:

Picturefill

Picturefill es un polyfills [Jehl et al., 2014] que está conformado por un fichero denominado *picturefill.js* que permite utilizar la etiqueta `` con los atributos `sizes` y `srcset`. El atributo `sizes` es usado para definir el tamaño de la imagen a través de una serie de puntos de quiebre y `srcset` define una serie de imágenes y sus tamaños, de esta forma solo se cargará la imagen que corresponda con los puntos de quiebres definidos (ver código 1.3).

Código 1.3: Uso de Picturefill tomado de [Jehl et al., 2014].

```
<img sizes="(min-width: 40em) 80vw, 100vw"
srcset="examples/images/medium.jpg 375w,
examples/images/medium.jpg 480w,
examples/images/large.jpg 768w"
alt="A giant stone face at The Bayon temple in Angkor Thom, Cambodia"/>
```

Adaptative Images

Adaptative Images es otro polyfills para lograr la adaptación de las imágenes, esta es una variante del lado del servidor [Wilcox, 2014]. Esta variante no requiere cambios en el HTML, es necesario tener como servidor web Apache2/Nginx, Hypertext Preprocessor (PHP) 5.x y la biblioteca/librería GD.

Para poner en funcionamiento esta técnica es necesario añadir código JavaScript en el `<head>` de nuestro sitio web, este crea una cookie⁷ con el ancho de pantalla del visitante en pixeles, entonces el navegador al encontrar una etiqueta `` realiza la petición de la imagen

⁶Un polyfill es un pedazo de código que replica los elementos nuevos de HTML/ CSS en los navegadores más antiguos, o sea le da soporte a estos elementos.

⁷Cookie: es una pequeña información enviada por un sitio web y almacenada en el navegador del usuario, de manera que el sitio web puede consultar la actividad previa del usuario. [Kristol, 2001]

enviando la *cookie* ya creada con anterioridad. De esta forma el servidor se encarga de devolver la imagen en el tamaño correcto teniendo en cuenta la configuración que se haya establecido en el fichero *adaptive-images.php*, la explicación detallada del funcionamiento y configuración de esta estrategia se puede encontrar en *http://adaptive-images.com/details.htm*. Esta variante es una de las mejores siempre y cuando el servidor web cumpla con los requisitos antes expuestos.

HiSRC

HiSRC [Schmitt, 2013] es un plugin de JQuery⁸ que permite reemplazar las imágenes teniendo en cuenta la velocidad de la red y la resolución de pantalla. Su funcionamiento es bastante sencillo, primero carga la imagen con menor resolución y luego utiliza JavaScript para detectar la velocidad de conexión, si el ancho de banda es bueno descarga una imagen con mayor resolución. Más detalles de esta variante y de su configuración se puede encontrar en *https://github.com/teleject/hisrc*.

El mayor inconveniente de esta opción es que es necesario tener la misma imagen en varias resoluciones.

Servicios de terceros

Algunas compañías ofrecen servicios de adaptación que automáticamente adaptan las imágenes, tal es el caso de Sencha.io SRC [Sencha, 2014], ReSRC.it [Fee and Thurgood, 2014], Thumbr.io [Empirical Evidence SL, 2013] y Responsive.io [14 Islands AB, 2014].

Estos servicios escalan las imágenes al ancho del dispositivo con que se acceda y guardan esta en cache logrando que las siguientes peticiones del mismo dispositivo serán más rápidas. En (código 1.4) se muestra un ejemplo de como usar el servicio de Sanecha.io SRC.

Código 1.4: Uso del servicio Sencha.io.

```

```

Sanecha.io SRC permite redimensionar a un tamaño específico, puede hacerlo mediante la adición de la anchura y la altura, como parte de la URL (ver código 1.5)

⁸Framework de JavaScript [Benedetti and Cranley, 2011]

Código 1.5: Uso del servicio Sencha.io con tamaños específicos.

```

```

El problema de usar servicios de terceros está en la posibilidad que tienen estos de dejar de existir, o que este se encuentre temporalmente fuera de servicio, cualquiera de estas posibilidades afectaría el desempeño del sitio web donde se usen.

La adaptación de las imágenes de forma eficiente es un área del RWD que aún está siendo elaborada. Hay algunas soluciones que son de uso común, las cuales se tratan en la presente investigación, pero cada una tiene algunos inconvenientes y ninguna de ellas parece ser la solución perfecta. De esta amplia gama de opciones, la variante a escoger estará dada por las necesidades de los clientes y profundidad del proyecto o producto que se elabore.

1.4.4. Frameworks de CSS

Queda en evidencia que para lograr un RWD de calidad es necesario tener en cuenta una serie considerable de detalles. Por esta razón desarrolladores y compañías internacionales que apuestan por esta variante se han dado a la tarea de realizar frameworks y herramientas del lado del cliente que permiten crear RWD en poco tiempo y sin mucha experiencia, estos son utilizados como la base para desarrollar productos web.

Existe una amplia variedad de estos frameworks con características similares, la selección de alguno estará dada por la documentación, uso y soporte que este tenga, a continuación se presentan una pequeña selección de estos:

- Twitter Bootstrap [Otto and Jacob, 2014]: Está formado originalmente por 12 columnas, 13 plugins de JQuery, bien documentado y tiene licencia Apache License v2.0 [The Apache Software Foundation, 2004].
- Foundation [ZURB, 2014]: Posee una basta documentación, soporte, provee una serie de plantillas genéricas ya optimizadas.
- Skeleton [Skeleton, 2014]: Es una pequeña colección de CSS que ayuda a desarrollar sitios web teniendo en mente tres características principales: rápido de aprender, estilo

agnóstico, escalable a dispositivos móviles.

- HTML5 Boilerplate [Bynens et al., 2014]: Concebido para construir aplicaciones web de forma rápida, robusto y adaptable. Es una compilación de soluciones web que le permiten a los sitios soportar los navegadores web más modernos.
- HTML KickStart [Gatcke, 2014]: Es uno de los frameworks más nuevo en el mercado, posee componentes visuales atractivos y de fácil uso.
- Montage HTML5 Framework [Montage Studio, 2012]: Utiliza patrones de diseño y principios de software, que permiten crear fácilmente una arquitectura modular en los proyectos donde se use y ofrece una experiencia de usuario de alta calidad. Esto permite a los diseñadores y desarrolladores trabajar en colaboración y de forma rápida.
- Less Framework [Korpi, 2014]: Este es muy similar a Skeleton, se enfoca en crear plantillas de forma sencilla, posee 4 plantillas predefinidas: default, mobile, tablet y wide mobile.

En la presente investigación se usará el framework Twitter Bootstrap, este es adaptable a las resoluciones de pantalla, es ágil en la construcción de interfaces y el equipo de trabajo tiene experiencia en su uso, esto implica un gran cambio ya que la plataforma en la versión actual utiliza el framework Blueprint el cual ha quedado obsoleto por su imposibilidad de ser adaptativo.

1.5. Aplicaciones web para móviles

Las mobile web app son sitios web creados y optimizados específicamente para los dispositivos móviles, utilizando tecnologías como HTML y CSS.

La principal ventaja radica en su versatilidad, estas podrán ser visualizadas desde cualquier dispositivo móvil y en cualquier sistema operativo, basta con que dicho dispositivo tenga un navegador web. Otro factor importante es el hecho de que los usuarios no tendrán que descargarlas a su dispositivo, además logran la descarga de recursos y páginas web de forma eficiente.

El desarrollo de sitios web para dispositivos móviles presenta una serie de desafíos diferentes comparado con el desarrollo de un sitio web para navegadores de escritorio. En [Android Developers, 2014] y [W3C-MWBP, 2008] se puede encontrar una lista de buenas prácticas que se deben seguir con el fin de mejorar las aplicaciones que se desarrollen.

Generalmente los productos cuando adoptan esta alternativa tienen la aplicación oficial y la aplicación optimizada para dispositivos móviles, esta variante tiene un impacto negativo en el posicionamiento web y duplica en gran parte los esfuerzos de los equipos de desarrollo. Los desarrolladores deben crear distintas versiones para los diferentes dispositivos, algo bien difícil de lograr [Zhao, 2010], convirtiéndose esto en su principal desventaja.

Esta alternativa también tiene como limitante que siempre será necesario tener una conexión a Internet o al servidor donde esté hospedada la aplicación, tiene un pobre desempeño en cuando al desarrollo de juegos y aunque existen bibliotecas/librerías que le pueden dar a las aplicaciones web para móviles un aspecto de aplicación nativa (ver 1.6), funcionalidades propias de los dispositivos móviles como GPS y otras no estarán disponibles.

1.5.1. Frameworks para crear aplicaciones web para móviles

En cuanto a frameworks realizados para crear aplicaciones web para móviles o que usan tecnologías web existe una gran diversidad en el mercado, a continuación se muestra una pequeña selección:

- Sencha Touch [Sencha Inc., 2014]: Es un framework que utiliza HTML5, permite la creación de aplicaciones como si fueran nativas de sistemas operativos Android o IOS. Este framework soporta HTML5, CSS3 y JavaScript que proporciona un alto nivel de poder, flexibilidad y optimización en las aplicaciones que se desarrollan.
- ChocolateChip UI [Chocolate Chip, 2014]: Este framework se caracteriza por lograr interfaces similares a IOS7, Android 4.2 y Windows Phone 8.
- PhoneGap [Nitobi and Adobe Systems, 2014]: Utiliza los estándares HTML5, CSS3 y JavaScript. El framework soporta geolocalización, vibración, acelerómetro, cámara, cambio de orientación, magnetómetro y otras interesantes características para iPhone, Android, Blackberry, Symbia y Palm.

- IUI [IUI, 2007]: Es un framework consistente en una librería JavaScript, CSS e imágenes para la creación de aplicaciones web avanzadas para iPhone y dispositivos compatibles.
- Jquery Mobile [The jQuery Foundation, 2014]: Es el framework jQuery orientado a dispositivos móviles. El framework soporta IOS, Android, Windows Phone, BlackBerry, Symbian, Palm webOS y más dispositivos.

1.6. Aplicaciones nativas

Las aplicaciones nativas [Díaz-Antón and Pérez, 2005] son desarrolladas para que se ejecuten en el propio dispositivo móvil, se compilan, se instalan sin necesidad de un navegador web, contienen bibliotecas/librerías y frameworks de funciones de bajo nivel que interactúan con cada sistema operativo (IOS, Android, etc.). Los costes de desarrollo, mantenimiento y sus posibles actualizaciones son más altos que en otras alternativas, sin embargo según reportes de la web Flurry Analytics [Khalaf, 2013] los usuarios pasan el 80 % del tiempo usando aplicaciones nativas y solamente el 20 % usando el navegador de un dispositivo móvil, esta diferencia se debe a:

- Permiten explotar al máximo las prestaciones de los dispositivos móviles tales como: GPS, acelerómetro, captura de imágenes, audio y vídeo, 3D, agenda de contactos, calendario, etc.
- Permiten sincronización y el cacheo de datos para funcionar offline.
- Proporcionan una mejor experiencia de usuario, pues la interfaz no tiene que cargarse con el resto de los datos.
- Trabajan con las notificaciones internas de cada entorno manteniendo al usuario al tanto de nuevas noticias o actualizaciones.

1.6.1. Sistema operativo Android

Existen varias plataformas para móviles (IOS, Android, Windows Phone, Blackberry, Symbian, Palm, Java Mobile Edition, Linux Mobile), sin embargo Android posee una serie de característi-

cas que lo hacen diferente. Según [Tomás Gironés, 2013] es el primero que combina en una misma solución las siguientes cualidades:

- Plataforma realmente abierta: es una plataforma de desarrollo libre y basada en linux y código abierto. Una de sus grandes ventajas es que se puede usar y personalizar en sistemas sin pagar *royalties*⁹.
- Adaptable a cualquier tipo de hardware: Android no ha sido diseñado exclusivamente para su uso en teléfonos y tabletas. Hoy en día se puede encontrar relojes, cámaras, electrodomésticos y una gran variedad de sistemas empotrados que se basa en este sistema operativo.
- Portabilidad asegurada: las aplicaciones finales son desarrolladas en Java lo que asegura que podrán ser ejecutadas en cualquier tipo de CPU, tanto presente como futuro. Esto se consigue gracias al concepto de máquina virtual.
- Arquitectura basada en componentes inspirados en Internet: por ejemplo, el diseño de la interfaz de usuario se hace en XML, permitiendo que una misma aplicación se ejecute en un móvil de pantalla reducida o en un TV.
- Filosofía de dispositivo siempre conectado a Internet.
- Gran cantidad de servicios incorporados: por ejemplo, la localización basada tanto en GPS como en redes, base de datos con SQL, reconocimiento y síntesis de voz, navegador, multimedia, etc.
- Aceptable nivel de seguridad: los programas se encuentran aislados unos de otros gracias al concepto de ejecución dentro de una caja que hereda de Linux. Además, cada aplicación dispone de una serie de permisos que limitan su rango de actuación (servicios de localización, acceso a Internet, etc.).
- Optimizado para baja potencia y poca memoria: por ejemplo, Android utiliza la máquina virtual Dalvik [Ehringer, 210] (aunque esta fue cambiada en la versión 4.4 en favor de Android Runtime (ART) [Georgiev et al., 2014]). Se trata de una implementación de Google de la máquina virtual Java optimizada para dispositivos móviles.

⁹Derecho que debe pagarse al titular de una patente por utilizarla y explotarla comercialmente.

- Alta calidad de gráficos y sonido: gráficos vectoriales suavizados, animaciones inspiradas en flash, gráficos en 3D basados en Open Graphics Library (OpenGL)¹⁰. Incorpora los codecs estándares más comunes de audio y video, incluyendo H.264/MPEG-4 AVC, MP3, ACC, entre otros.

En conclusión, Android ofrece una forma sencilla y novedosa de implementar potentes aplicaciones para diferentes tipos de dispositivos, unido a la cuota de mercado alcanzada en el 2013 (75%) y al tipo de licencia que tiene, es seleccionado en la presente investigación para que la aplicación nativa ha desarrollar y que forma parte de la solución integral propuesta en la investigación se realice sobre este sistema operativo.

1.7. Servicios web

Existen varias definiciones para el término *servicio web* la presente investigación se registrá por la definición de la W3C que lo define como: *un sistema de software diseñado para permitir interoperabilidad máquina a máquina en una red.*

En general, los servicios web son APIs Web que pueden ser accedidas en una red, como Internet, ejecutadas en un sistema de hosting remoto. Para lograr esta comunicación se utiliza XML como lenguaje principal, aunque son usados otras lenguajes y tecnologías.

Para implementar servicios web es necesario seleccionar que técnica, protocolo, arquitectura o estilo arquitectónico usar, a continuación se presentan dos de las más usadas:

Simple Object Access Protocol (SOAP) es un protocolo que define cómo dos objetos en diferentes procesos pueden comunicarse por medio de intercambios de datos XML, el punto identificativo de SOAP es que las operaciones son definidas en el lenguaje Web Services Description Language (WSDL). Es por esto que es aconsejable utilizar este protocolo en entornos donde se establecerá un contrato formal y donde se describirán todas las funciones de la interfaz así como el tipo de datos utilizados tanto de entrada como de salida. El lenguaje WSDL permite definir claramente cualquier detalle de las funciones del servicio web.

Representational State Transfer (REST) [Fielding, 2000] es un estilo de arquitectura de software para sistemas distribuidos tales como la web, a diferencia de SOAP, se centra en el uso

¹⁰Es una especificación estándar que define un Application Programming Interface (API) multilenguaje y multi-plataforma para escribir aplicaciones que produzcan gráficos en 2D y 3D.

de los estándares Hypertext Transfer Protocol (HTTP) y XML para la transmisión de datos sin la necesidad de contar con una capa adicional. Las operaciones (o funciones) se solicitarán mediante *GET*, *POST*, *PUT* y *DELETE*, por lo que no requiere de implementaciones especiales para consumir estos servicios. Además permite JavaScript Object Notation (JSON) en vez de XML como contenedor de la información, por lo que es aconsejable utilizar este estilo cuando se busque mejorar el rendimiento, o cuando se disponga de escasos recursos, como sería el caso de los dispositivos móviles.

Debido a esta última características es que se decide en la presente investigación implementar los servicios web que serán consumidos por los dispositivos móviles haciendo uso de REST, de esta forma se tendría una capa de servicios que aunque no tiene las ventajas de seguridad que propone SOAP si tendría en cuenta las bajas prestaciones de los dispositivos móviles.

1.8. Evolución de las tecnologías móviles en Cuba

Los dispositivos móviles (también conocidos como computadora de mano, *palmtop* o simplemente *handheld*) son aparatos de pequeño tamaño, con algunas capacidades de procesamiento, con conexión permanente o intermitente a una red, con memoria limitada, diseñados específicamente para una función, pero que pueden llevar a cabo otras funciones más generales.

La Empresa de Telecomunicaciones de Cuba (ETECSA) es la encargada de ofrecer este tipo de servicios en el país. Entre ellos se encuentran los concernientes a telefonía básica, conducción de señales, transmisión de datos, telecomunicaciones móviles terrestres, acceso a Internet, provisión de aplicaciones en entorno Internet, entre otros [ETECSA, 2014].

En Cuba, aunque todavía insuficiente, el desarrollo de las telecomunicaciones ha mostrado un notable ritmo de crecimiento de los últimos 5 años, notificó en junio de 2013 el diario Juventud Rebelde. Además anunció que apenas se cuenta con un 25,8% de densidad telefónica, lo que se traduce en un total de 2900 mil líneas.

Cuba brinda más de 30 mil servicios de transmisión de datos y acceso a Internet, que son utilizados por 1,7 millones de usuarios, entre los que se han priorizado fundamentalmente los sectores vinculados a las actividades educacionales, de salud, científicas y otras de carácter productivo en general.

Es evidente el esfuerzo de muchos en el desarrollo y acceso a las TIC en Cuba. En función de esto, en la isla se dan pasos que favorecen el progreso moderado en estas áreas, de vital importancia, que tributan al desarrollo económico, político y social del país.

El 28 de agosto de 2013 el mismo diario señaló que más de 100 mil personas en el país contrataron los servicios de Internet, desde principios de junio hasta ese momento, según estadísticas de ETECSA. De ese total, unas 60 mil utilizaban las prestaciones de navegación internacional y el resto el correo internacional y la navegación nacional, en las salas habilitadas en todo el país [García Santos, 2013].

El informe anual sobre las TIC, publicado por la Oficina Nacional de Estadísticas e Información (ONEI), refleja el crecimiento del acceso a Internet y a la tecnología móvil. Este corte se realizó en el año 2013 y recoge estadísticas oficiales del período que comprende desde 2008 hasta 2012. En la Figura 1.2 se evidencia la penetración de estas tecnologías en Cuba.

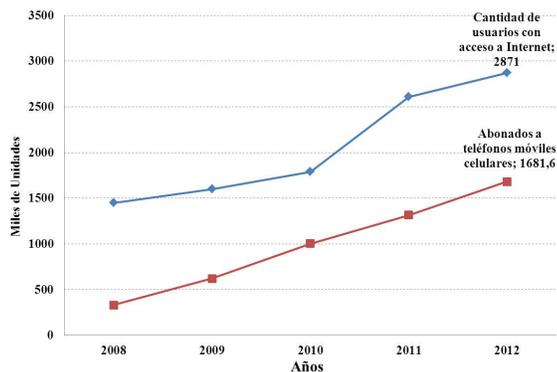


Figura 1.2: Crecimiento del acceso a la tecnología móvil e Internet en Cuba.

El análisis anterior muestra que en Cuba las tendencias apuntan al progreso de estas tecnologías. Cada día son más las personas e instituciones que acceden a Internet y hacen uso de dispositivos móviles. Por consiguiente, se favorece el desarrollo socio-económico de la isla, con este impulso, la informática y las comunicaciones podrían contribuir con sectores importantes de la sociedad cubana.

1.8.1. La educación en Cuba y el aprovechamiento de las tecnologías emergentes

Durante el cierre del Congreso Universidad 2014 que se llevó a cabo en Cuba del 10 al 14 de febrero del 2014, el representante de la Oficina Regional de Cultura para América Latina y el Caribe de la UNESCO reconoció que la educación cubana es un ejemplo para el mundo por sus altos índices de implementación. Planteamiento que evidencia todo el esfuerzo que en esta tarea ha volcado la revolución cubana.

En lo concerniente a la educación superior, desde hace varios años se encuentra en un proceso de universalización, que tiene como objetivo ofrecer alternativas de educación de pregrado y postgrado, teniendo en cuenta las diferentes modalidades de cursos, relacionados con los avances alcanzados por las TIC. Se cuenta con sistemas de gestión del aprendizaje como Moodle, para el apoyo a las clases presenciales y en ocasiones a distancia, ejemplo es Informed con una gran experiencia.

Recientemente se creó el CENED como un centro de estudios de alcance nacional, para desarrollar actividades de pregrado y posgrado en modalidad virtual. Otra de sus funciones principales es la formación y preparación de profesores del país para actuar en esta modalidad educativa. En el desarrollo de su actividad participan todas los centros de educación superior vinculados al Ministerio de Educación Superior (MES) y es rectorado por la UCI. Con este proyecto se pueden comercializar los servicios académicos, las consultorías y las asesorías en forma no presencial y promover el uso de buenas prácticas para el desarrollo de la actividad en los temas de enseñanza virtual.

En la medida en que se amplíe el estudio a distancia en Cuba, se necesitarán aplicaciones educativas desarrolladas para móviles. Estas deberán seguir las políticas de migración hacia aplicaciones y plataformas de código abierto, en concordancia con el desarrollo del proceso de informatización de la sociedad como parte de la ejecución por el país de una política orientada a alcanzar la seguridad, invulnerabilidad e independencia tecnológica, estipulado así por el Acuerdo No. 84 del 2004 del Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros de la República de Cuba.

Conclusiones parciales

La inclusión del Responsive Web Design en el diseño y desarrollo de sitios web facilita la visualización en una mayor cantidad de dispositivos, lo que constituye una contribución importante a la enseñanza online.

El uso de HTML5, CSS3, media queries, la flexibilidad en el diseño y la definición de puntos de quiebre son las tecnologías/técnicas más utilizadas para lograr un RWD adecuado.

La adaptación de contenidos seleccionada en la presente investigación está relacionada con el nivel de presentación. La estrategia a utilizar será la de Minor Adaptation, para lograr esto se realizará adaptación tanto en el lado del cliente como en el lado del servidor haciendo uso del polyfills Adaptative Images.

Android resultó como el sistema operativo más utilizado en las tecnologías móviles, así como el uso de los servicios web para la comunicación de sistemas web con aplicaciones móviles, en específico el estilo arquitectónico REST.

Capítulo 2

Propuesta solución

En el presente capítulo se describe la solución propuesta para lograr que la plataforma educativa ZERA se integre al paradigma m-learning a través de un sistema informático integral. El principal objetivo es plantear los elementos que componen la solución informática, partiendo del análisis realizado de cómo los LMS se integran o adoptan el m-learning.

En el presente capítulo se aplican las técnicas de RWD seleccionadas para lograr la visualización de la plataforma desde cualquier dispositivo, esto incluye la modificación de componentes visuales. Se describe una capa de servicios internos y externos para homogeneizar el trabajo con la plataforma y se expone la arquitectura de una aplicación móvil para Android que se comunica con la plataforma ZERA.

2.1. Solución informática integral

La presente investigación se plantea como objetivo lograr una *solución informática integral* para introducir a la plataforma educativa ZERA en el paradigma m-learning.

Se define *solución informática integral* como la aplicación de técnicas y buenas prácticas que propone el RWD que aplicadas a la plataforma educativa ZERA permitirá su visualización en una amplia gama de dispositivos, incorporándose una capa proveedora de servicios web que permita su administración y provea los servicios necesarios para su consumo por una aplicación nativa para Android.

2.2. Responsive web design para la plataforma educativa ZERA

Para realizar un RWD es necesario aplicar un conjunto de técnicas y estrategias explicadas en el capítulo anterior (ver 1.4), a continuación se expondrá cuales de esta se usaron y como se aplican en la plataforma ZERA.

2.2.1. Puntos de quiebre

Al realizarse un RWD uno de los primeros elementos a definir son los *puntos de quiebres* como se expresó en 1.4.2. Para la presente investigación se usan los puntos de quiebre expuestos en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1: Puntos de quiebres seleccionados para la plataforma ZERA.

Píxeles	Descripción
1200	Para pantallas grandes.
1199 a 978	Para monitores de tamaño medio.
977 a 768	Para tables en modo <i>landscape</i> y algunos monitores.
767 a 481	Para teléfonos en modo <i>landscape</i> o tables en modo <i>portrait</i> .
480	Para dispositivos de pantallas pequeñas.

El código se muestra a continuación:

Código 2.1: Puntos de quiebre utilizados.

```

/* Large desktop */
@media (min-width: 1200px) { }
/* Medium desktop */
@media (min-width: 978px) and (max-width: 1199px) { }
/* Portrait tablet to landscape and desktop */
@media (min-width: 768px) and (max-width: 979px) { }
/* Landscape phone to portrait tablet */
@media (max-width: 767px) { }
/* Small devices */
@media (max-width: 480px) { }

```

2.2.2. HTML semántico y cambios en el diseño según los puntos de quiebre

La estructura del HTML es de vital importancia para lograr algún nivel de accesibilidad, una estructura que cumpla con las tendencias internacionales es de vital importancia para organizar correctamente el contenido, además le permite a la página web ser accesible desde cualquier lector de pantalla.

En este aspecto se decidió cambiar la estructura del HTML, para añadir las etiquetas semánticas que introduce HTML5: <header>, <nav>, <section>, <article>, <aside>, <footer>, además se cambió y organizó el maquetado de todas las páginas estructurándolo de tal forma que siempre lo más importante para el usuario este de primero, este principio es descrito en [Peterson, 2014] y hace referencia al seguimiento de un diseño web de forma lineal (ver figura 2.1 y 2.2).



Figura 2.1: Prototipo interfaz de usuario desarrollado.

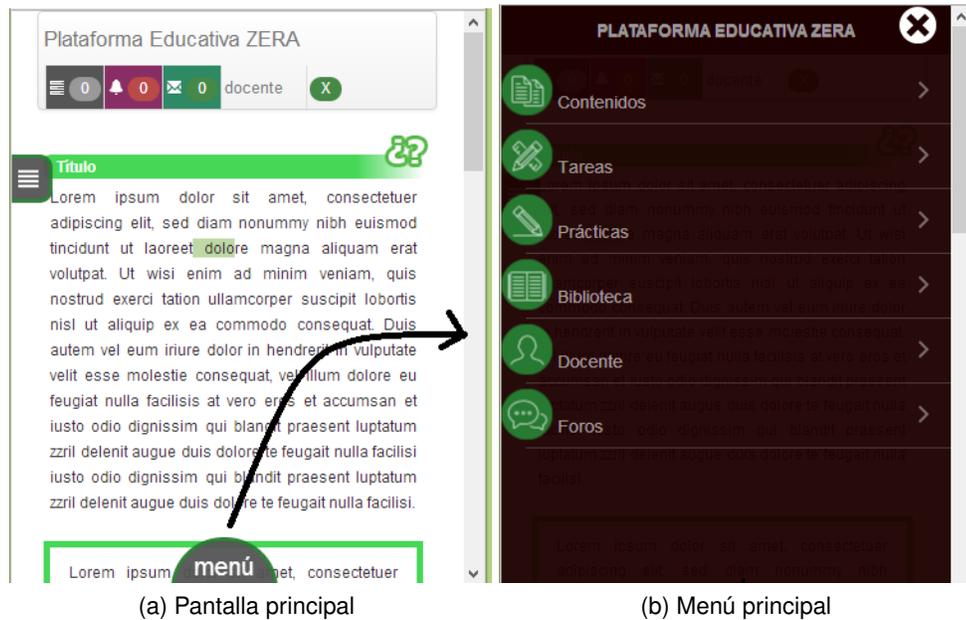


Figura 2.2: Interfaz final desarrollada.

También en [Peterson, 2014] se concluye que la forma óptima de realizar un RWD es comenzar desde pantallas pequeñas a pantallas grandes y comenzar sin ningún JavaScript y sin reglas CSS, en el caso de la plataforma ZERA fue imposible seguir este principio ya que lo realizado es un rediseño de la plataforma existente.

El cambio de framework de CSS (ver 1.4.4) llevó a la modificación del código fuente del 100 % de las vistas, aprovechándose estos cambios para lograr un diseño de la plataforma ajustado a la línea de productos de la UCI denominada XAUCE (ver figura 2.3 y 2.4), de igual forma debido a la cantidad de cambios en el presente documento no es posible mostrarlos todos.

Figura 2.3: ZERA 1.0 pantalla principal del subsistema administración.

Figura 2.4: ZERA 1.2.1 pantalla principal del subsistema administración.

2.2.3. Adaptación de contenidos

La adaptación seleccionada para ser aplicada en la presente investigación está relacionada con la capa de presentación (ver 1.3.1) y con el lugar donde se realiza la adaptación: en el servidor.

Se utilizó la estrategia Minor Adaptation (ver 1.3.1) centrada principalmente en la adaptación de las imágenes haciendo uso del polyfills Adaptive Images (ver 1.4.3). Para lograr esto se añadió un fichero denominado **adaptive-images.php** en la raíz de la carpeta web de la plataforma y se colocó el código 2.2 al inicio de las cabeceras (head).

Código 2.2: Creación de cookie con el ancho de pantalla.

```
<script type="text/javascript" >
    var tmp_resol = screen.width;
    document.cookie='resolution='+ tmp_resol + ';_path=';
</script >
```

De esta forma se crea una cookie con el ancho de la pantalla del dispositivo de donde se acceda, enviándose en cada petición realizada al servidor. También en el fichero .htaccess se activó el módulo rewrite y se especificó un conjunto de reglas (ver código 2.3) para que las peticiones de JPEG, PNG y GIF se redireccionen al fichero **adaptive-images.php**. Este se encarga de devolver la imagen adaptada al tamaño de pantalla definido en la cookie utilizando los puntos de quiebre que se definan (ver 2.4).

Código 2.3: Fichero .htaccess.

```
<IfModule mod_rewrite.c>
    Options +FollowSymLinks +ExecCGI
    RewriteEngine On
    RewriteCond %{REQUEST_URI} !\.html$
    # Adaptive-Images -----
    # directorio que no se procesaran por Adaptive-Images:
    RewriteCond %{REQUEST_URI} !assets
    RewriteCond %{REQUEST_URI} !ai-cache
    #Envia cualquier petición de GIF, JPG, o PNG al fichero
    # adaptive-images.php para que seleccione el tamaño correcto
    RewriteRule \.(?:jpe?g|gif|png)$ adaptive-images.php
```

```
# END Adaptive-Images -----  
</IfModule>
```

Código 2.4: Fragmento de configuración fichero adaptive-images.php

```
// Los puntos de quiebre a usar (pixels)  
$resolutions = array(768, 640, 480);  
//Lugar donde se generara la cache de imagenes  
$cache_path = "../cache/aimages";  
//La calidad de las imagenes generadas (0 a 100)  
$jpg_quality = 75;  
//realizar una nitidez en las imagenes re-escalado?  
$sharpen = true;  
// Comprobar si la imagen existe en cache  
$watch_cache = true;  
// Tiempo de cacheo (7 dias)  
$browser_cache = 60*60*24*7;  
.....
```

2.3. Componentes

En los componentes visuales y en el diseño de la plataforma educativa ZERA, como se expresó con anterioridad, no se tuvo en cuenta ninguna optimización referente a los dispositivos móviles, siendo esto una de las principales causas por las que se originó la presente investigación.

Como parte de la presente solución se realizaron modificaciones en varios de componentes que además de incluir cambios en la interfaz visual de estos, también se incluyeron cambios en su arquitectura y en sus funcionalidades:

2.3.1. Componente recursos

Componente perteneciente al subsistema *Recursos*, de este depende toda la gestión y visualización de recursos educativos y de los contenidos en cualquier lugar de la plataforma. Este

componente es uno de los más importantes de ZERA y a la vez posee un gran impacto en la visualización de contenidos.

El componente recurso es el encargado de realizar la creación, edición y visualización de 28 tipos de recursos educativos agrupados en cuatro categorías: multimedia, interactivos, estructurales y materiales.

En este componente se hicieron cambios tanto visuales como arquitectónicos. Los cambios arquitectónicos se enfocaron en mejorar la mantenibilidad y reutilización de este eliminando el anti-patrón espaguetis¹ (Spaghetti Code).

En este sentido se re-escribió el componente haciendo uso de patrones de diseños y buenas prácticas, estos fueron el resultado de la investigación de [Araujo Quintana et al., 2013]. Dentro de los principales cambios está la reorganización del código, además de reutilizar clases y objetos, con el objetivo de que el mismo sea flexible y escalable. Estos cambios permiten la inclusión de nuevos tipos de recursos en la aplicación de forma rápida. Se le añadió la posibilidad de habilitar o deshabilitar los recursos que desee visualizar u ocultar el usuario. Además, se reestructuró las tablas de la base de datos y la información de los recursos, guardándose en su tabla correspondiente.

Para lograr la mantenibilidad y reutilización del código (características deseadas) se hizo uso de los patrones Factory Method, Dependency Injection y Strategy ya que se encontró en estos las características necesarias para darle solución a los problemas existentes.

2.3.2. Componente de subida de archivos

Este componente es usado por los subsistemas de la plataforma que permitan la carga de archivos (excepto el subsistema *Reportes* los demás), en los formularios como un campo más o de forma solitaria. A este se le añadió la posibilidad de ser internacionalizado y se cambió su interfaz visual permitiendo que sea adaptativo.

Para lograr estos comportamientos se hizo uso de las buenas prácticas propuestas por el framework *Symfony*, se modificó el widget² denominado ***sfAOWidgetFormInputFile*** (ver anexo

¹ Este anti-patrón fue mencionado por primera vez en [Van Tassel, 1974] se refiere al código que está complicado de leer y mal organizado que cambiar alguna parte de él es probable que afecte una funcionalidad distinta de la que se pretende cambiar.

² Según [Alegsa, 2014] en programación, un widget (o control) es un elemento de una interfaz que muestra información con la cual el usuario puede interactuar. Por ejemplo: ventanas, cajas de texto, checkboxes, listbox, entre otros.

3.6) usado en los formularios heredando de la clase `sfWidgetFormInputFile` que provee Symfony, se cambió la forma de visualizarse los `input` de tipo `file` siendo estos sustituidos por un `plugin` de JQuery llamado `FileUpload`, que además de ser adaptativo permite que el usuario pueda arrastrar los ficheros a subir (ver figura 2.5).

De igual forma se implementó un componente³ heredando de la clase `sfComponents` del framework denominado `sfFileUploadComponents` (ver anexo 3.7), este permite el uso del componente de forma aislada.

The image shows a web form with the following elements:

- Navigation tabs: "Recursos" and "Rúbrica".
- Form fields:
 - "Título *": A text input field.
 - "Descripción": A larger text area.
 - "Intención pedagógica": A dropdown menu with "Ilustrativo" selected.
 - "Imagen grande *": A section containing a "Subir fichero" button and the text "Archivos: jpg, jpeg, png, gif. El límite de subida:".
 - "Imagen pequeña": A section containing an "Imagen.jpg" button and the text "Archivos: jpg, jpeg, png, gif. El límite de subida:".

Figura 2.5: Uso del componente de subida de archivo en un formulario.

2.3.3. Componentes subsistema Curso

El subsistema *Curso* es el encargado de mostrarle al estudiante los contenidos previamente gestionados por sus profesores.

La arquitectura de este subsistema se definió de forma diferente al resto existente en la plataforma ZERA siendo las dos principales diferencias: no se usó una herramienta que provee el `framework` Symfony conocida como *generador de admin* y se pensó para que la mayor cantidad de interacciones con el usuario se realizaran mediante llamadas asíncronas utilizando Asynchronous JavaScript And XML (AJAX) pero esto se realizó de forma heterogénea. Estas dos diferencias, ayudadas con la no especificación de estándares y buenas prácticas para el desarrollo, provocaron la falta de estandarización de las llamadas AJAX, los mensajes mostrados al usuario (además de diferir en el texto del mensaje diferían de la librería `JavaScripts`), los

³En este caso la palabra componente se refiere a los componentes internos del framework Symfony y no al componente subida de archivos.

componentes visuales que se usaron y la estructura del HTML de cada funcionalidad; además de poca/nula reutilización del código tanto del lado del cliente como del lado del servidor.

Debido a estos problemas para llevar este subsistema a un estado que permitiera su acceso desde varios tipos de dispositivos, se hizo necesario cambiar toda su arquitectura y crear componentes estandarizados que permitieran su reutilización, pero manteniendo la interacción asíncrona con los usuarios finales.

La primera acción realizada fue la de crear un grupo de componentes visuales y librerías JavaScripts de obligatorio uso, así se creó un plugin de Symfony llamado **sfAOTemplatesPlugin**. Este contiene los siguientes componentes genéricos con sus respectivas API JavaScripts:

- Componente *tabla*: Encargado de mostrar una tabla con sus filtros y su paginado, cuenta con un API que tiene una serie de eventos entre los que se destacan los relacionados con la actualización de la tabla, la selección de un elemento y la eliminación o adición de un elemento.
- Componente *listado de elementos*: Este es utilizado por el componente tabla o independiente, su objetivo es mostrar un listado de opciones y asociarle a cada opción un evento.
- Componente *paginado*: Encargado de realizar el paginado del elemento padre, significando que puede estar asociado ya sea a una tabla, listado de elementos u otra estructura que lo requiera, igualmente tiene varios eventos asociados que pueden ser usados por los desarrolladores.
- Componente *formulario*: Este componente se encarga de renderizar los formularios, tiene como principal característica que se diseñó para no cansar al usuario con un listado de campos donde tuviera que emplear el scroll sino que navegara por tabs y que los campos de cada tab compartieran un objetivo común.
- Otros: Se desarrollaron componentes como son filtros, menús (ver código 2.5), listado dobles, grupo de botones, glosario de términos, diferentes plantillas generales y soporte para la creación/edición de apuntes.

Código 2.5: Ejemplo uso del componente menú.

```

<?php
include_partial( 'eView/layoutNavbarItem', array(
    'principal' => array( 'name' => 'Practice', 'action' => 'iQuestionnaires/home',
    'items' => array(
        array( 'name' => 'Exercises', 'action' => 'iQuestionnaires/#' ),
        array( 'name' => 'Facing_Challenges', 'action' => 'iQuestionnaires/#' ),
        array( 'name' => 'Learning_aimed', 'action' => 'iQuestionnaires/#' ),
    )
));
?>

```

Para que estos componentes se pudieran usar del lado del cliente y se mantuvieran estandarizados se introdujo el uso de plantillas JavaScripts haciéndose uso de la librería denominada *tmpl.js* [Tschan and Wing, 2014]. En este sentido se desarrollaron 9 plantillas relacionadas con los componentes descritos.

La próxima acción que se realizó está relacionada con la herramienta *generador de admin* [Potencier, 2011] del framework Symfony. Esta herramienta permite crear un CRUD de cualquier entidad existente en el modelo de datos, para definir las opciones que puede tener define un fichero denominado generator.yml donde se puede especificar: la cantidad de elementos por página, la tabla del modelo a la que se le hará el CRUD, los filtros, el formulario, etc.

La principal ventaja de usar esta herramienta es que el desarrollador solo debe modificar este fichero y todo lo relacionado con las funcionalidades se generan en la cache del proyecto, de esta forma se mejora el rendimiento y se disminuye los posibles errores que pueda introducir. Este generador para realizar estas operaciones se basa en un grupo de plantillas bases localizadas en la carpeta ***data/generator*** organizadas por temas que pueden ser redefinidas porque son plantillas.

En este sentido, para abstraer y evitar errores en el uso de los componentes de *Curso* se creó un tema basado en los componentes ya explicados denominado *course_admin* solucionando de esta forma los dos problemas principales que tenía la arquitectura de este subsistema. Este incluyó nuevas opciones de configuración relacionadas con los propios componentes

que apoyan y ayudan al trabajo de los desarrolladores.

Con estas acciones se redujo el código HTML en las vistas del subsistema *Curso* dándole a los componentes implementados esta responsabilidad, permitiendo la reutilización y estandarización del código, así como el uso de buenas prácticas (ver código 2.6).

Código 2.6: Ejemplo creación de una página principal.

```
<?php slot('layout_breadcrumb_course', 'Probando las migas de pan | Otra
_nueva_version_actualizada')?>
<?php include_partial('eView/layoutHome', array(
    'section' => array(
        'name' => 'Tareas',
        'description' => 'En Tareas...',
    ),
    'items' => array(
        array(
            'title' => 'Reactivos',
            'description' => 'Son cuestionarios basados en los...',
            'url_image_ref' => 'practice_home_09.png',
            'url_image_class' => '',
            'title_href' => '#',
            'options' => array(
                array('label' => 'Compartidos'),
                array('label' => 'Otros')
            )
        ),
        array(
            'title' => 'Evidencias',
            'description' => 'Son orientaciones que genera como resultado...',
            'url_image_ref' => 'teacher_home_18.png',
            'title_href' => '#',
            'options' => array(
```

```

        array( 'label' => 'Otro', 'href' => '#' ),
        array( 'label' => 'Compartidos' ),
    )
),
)
)) ?>

```

2.4. Capa de servicios

Para la implementación de la capa de servicios de la plataforma ZERA se diseñó un plugin de Symfony 1.4 llamado ***sfAOServicesPlugin***. Este contiene funcionalidades relacionadas con: administrar protocolos, administrar servicios, ver los servicios que están publicados y manejar la seguridad de las peticiones.

En la implementación realizada, aunque el principal objetivo es tener una capa de servicios para consumir estos desde dispositivos móviles, no se implementó solamente REST, se le dio soporte a otros protocolos como son: SOAP, Remote Procedure Call protocol encoded in XML (XML-RPC) y Remote Procedure Call protocol encoded in JSON (JSON-RPC) con el objetivo que el sistema se pudiera comunicar por diferentes protocolos. También se implementó seguridad a los servicios ya sea haciendo uso de un *token* de seguridad o a través de una firma digital, esto se realizó para proveer a la plataforma ZERA de una capa de servicios capaz de ofrecer sus funcionalidades a sistemas externos.

Esta capa está dividida en módulos, estos son:

- **wsApi**: En este módulo es donde se implementan los servicios y métodos que serán expuestos y administrados posteriormente, para esto solo es necesario en la carpeta *lib/web/services* que se encuentra dentro de este crear una clase e implementar los métodos deseados, el nombre de la clase se convertirá en el nombre del servicio y los métodos dentro de esta en los métodos que podrán ser invocados.
- **wsManager**: Permite editar los servicios que se crean en el módulo wsApi, a través de este módulo estos se pueden activar/desactivar, definir si requieren firma, si requieren au-

tenticación, elegir los protocolos por los que se expondrá y activar/desactivar los métodos de cada servicio.

- wsUDDI: Este módulo es el encargado de mostrar los servicios activos y la forma de acceder a estos.
- wsProtocol: Permite activar/desactivar los protocolos implementados en la capa de servicio.

Para acceder a los servicios web implementados se realizaron dos interfaces (AuthenticationService y MovilService) ambas con varios métodos que se describen a continuación.

2.4.1. Interfaz AuthenticationService

Método: authenticateUser **Protocolos:**Todos

Parámetros: string username, string password

Salida: string session_token

Descripción: Devuelve un token de seguridad a partir de un usuario y contraseña válidos, este token es obligatorio en los métodos que requieran seguridad.

Método: destroyAuthentication **Protocolos:**Todos

Parámetros: string session

Salida: bool result

Descripción: Elimina la sesión que coincida con el token de seguridad.

2.4.2. Interfaz MovilService

Método: getCoursesList **Protocolos:** REST

Parámetros: string session

Salida: array course_list

Descripción: Devuelve el listado de los cursos en los que un usuario está matriculado.

Método: getCourseContents **Protocolos:** REST

Parámetros: string session, string course_id

Salida: array contents_list

Descripción: Devuelve los contenidos de un curso

Método: getUserNotifications **Protocolos:** REST

Parámetros: string session

Salida: array notifications_list

Descripción: Devuelve el listado de notificaciones del usuario

En la figura 2.6 se muestran algunas interfaces visuales de la capa de servicio.

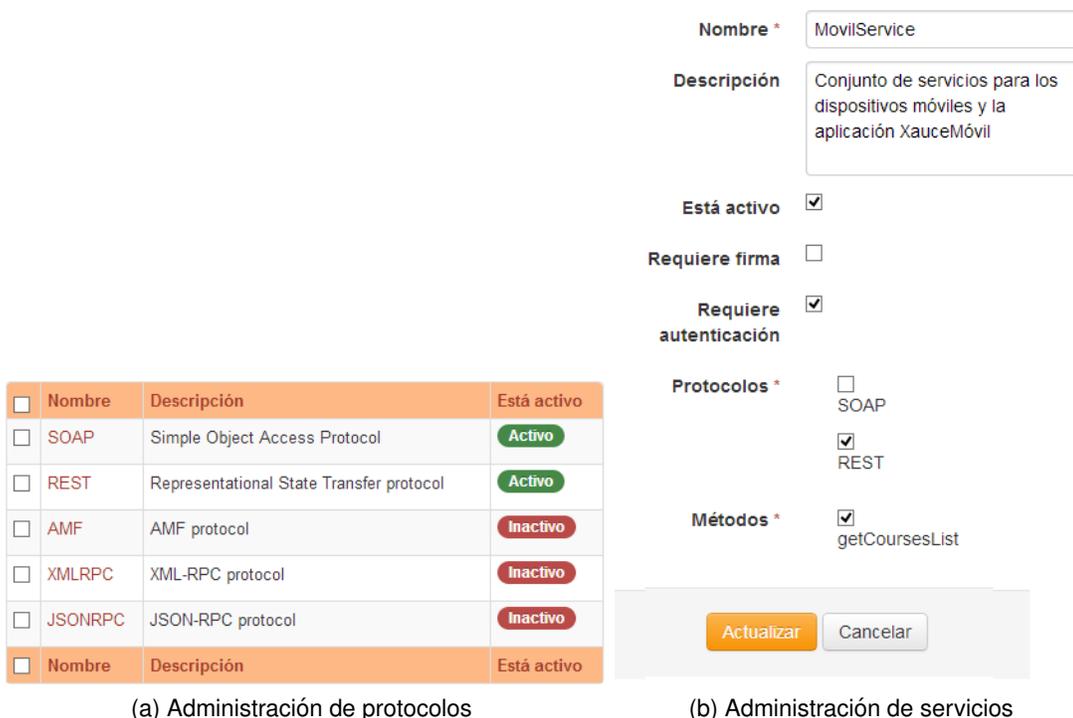


Figura 2.6: Capa de servicios plataforma ZERA.

2.5. Arquitectura XauceMovil v1.0

La arquitectura de XauceMovil v1.0 basa su principio en la posibilidad de conectarse a diferente tipos de plataformas educativas ejemplo LMS, repositorios u otras . En esta primera versión se da soporte a Xauce ZERA y Moodle, además al repositorio de objetos de aprendizajes Xauce RHODA.

La aplicación es multiusuario provee la posibilidad de agregar varios usuarios pertenecientes a una o diferentes plataformas, permitiendo el trabajo offline en su dispositivo móvil.

En el caso de los LMS se le permite a los usuarios acceder a los cursos en los que esté matriculado y visualizar los contenidos de estos, acceder a: las calificaciones obtenidas, las notificaciones y el calendario para ver los principales eventos que son programados por el profesor. En el caso del repositorio Xauce RHODA se le permite a los usuarios realizar búsquedas según algún criterio introducido por estos, se pueden visualizar los resultados que estén en formato SCORM. Para lograr la visualización de este modelo se implementó un visor de paquetes SCORM para dispositivos móviles que también puede ser utilizado por los LMS para mostrar los contenidos que estén en este formato.

Para lograr todas estas características se hace uso de servicios web a través de REST. La aplicación está diseñada para facilitar la reutilización y mantenibilidad del código por parte de los desarrolladores ya que hace uso de las buenas prácticas y tecnologías utilizadas en este tipo de aplicación.

A continuación se detalla la arquitectura realizada, siendo uno de los aportes que se realizan en la presente investigación y que sirve de referencia para desarrollar cualquier tipo de aplicación con características similares.

2.5.1. Clases, patrones y diagramas

Clases diseñadas

A continuación se explicarán las principales clases diseñadas así como su objetivo.

cu.uci.xaucemovil.core.MainApp: Extiende de la clase android.app.Application de Android realizando así función de controladora de toda la aplicación, es la encargada de inicializar la base de datos, las preferencias y un manejador (handler) encargado de mostrar mensajes al usuario este es usado en toda la aplicación para mantener al usuario informado de los eventos que suceden. Almacena el usuario conectado, la actividad actual, el servidor que se encuentra activo y permite saber si existe conexión.

cu.uci.xaucemovil.core.interfaces.ServerInterface: Esta interfaz es usada para añadir nuevos servidores, contiene una serie de métodos que deben ser implementados por cada servidor, entre los más importantes están getWS() y getAdapter() relacionados con los servicios web que tendrá asociado el servidor y con la forma que el resultado de estos serán mapeados/adaptados a los datos que la aplicación conoce.

cu.uci.xaucemovil.core.utils.HttpCallRequest: Clase utilizada para realizar las peticiones HTTP. Su principal método es estático `HttpCallRequest.makeHttpRequest()`, este permite como parámetros la URL a donde se realizará la petición, el método que se usará (POST, GET) y los parámetros de dicha petición.

cu.uci.xaucemovil.core.utils.WebServiceHttpRequest: Esta clase es una utilidad para simplificar los datos y parámetros de los servicios web en el momento de consumirlos.

cu.uci.xaucemovil.core.utils.OperationResult: Clase ampliamente utilizada en XauceMovil, es la encargada de devolver el resultado de las operaciones realizadas, estos resultados pueden ser satisfactorios o no. Tiene un grupo de métodos que le permite al desarrollador saber si ha ocurrido un error de que tipo es y el mensaje que este lanza. También permite obtener el resultado de la operación como texto o arreglo de datos.

cu.uci.xaucemovil.core.interfaces.WebServiceInterface: Interfaz que define los servicios web que tendrán los servidores de forma obligatoria, todos los métodos devuelven un objeto de tipo `WebServiceHttpRequest` el cual tendrá los parámetros necesarios para consumir un servicio web, los métodos con que cuenta la interfaz son:

- `getToken()`: Utilizado para tener un token de autenticación.
- `getUserData()`: Utilizado para obtener los datos básicos de un usuario, puede incluirse en este servicio el nombre del servidor.
- `getCourseByUser()`: Obtiene los cursos asociados a un usuario.
- `getCourseContentsByCourseId()`: Obtiene los contenidos de un curso.

cu.uci.xaucemovil.core.interfaces.ResultAdapterInterface: Encargada de mapear los resultados obtenidos de los servicios web a datos y tipos que sean conocidos por XauceMovil. Los métodos de esta clase devuelven un objeto de tipo `OperationResult`.

cu.uci.xaucemovil.core.interfaces.SyncTaskResultListenerInterface: Interfaz que provee un callback usado para procesar el resultado de consumir un servicio web, le permite a los desarrolladores tomar acciones después que el servicio web es ejecutado.

cu.uci.xaucemovil.core.utils.AsyncURLTask: Esta tarea se diseñó debido a que Android no permite que en el hilo principal de la aplicación se hagan llamadas que utilicen los servicios de red. Esta es encargada de ejecutar en un hilo secundario los servicios web,

acepta en su constructor un objeto de tipo WebServiceHttpRequest y utiliza la interfaz SyncTaskResultListenerInterface para proveer un callback al hilo principal. Para hacer la petición HTTP utiliza la utilidad HttpCallRequest.

Patrones de diseño

Para la confección de los diagramas de clases del diseño se emplearon diferentes patrones de diseño haciendo uso de las buenas prácticas existentes. Estos patrones son soluciones a problemas específicos, son considerados de esta manera siempre y cuando se halla comprobado su efectividad, flexibilidad y reusabilidad. Para realizar correctamente los diagramas de clases del diseño se consideran como más significativos los siguientes:

Singleton: está diseñado para restringir la creación de objetos pertenecientes a una clase, forzando a que solo se pueda crear una única instancia, de ahí su nombre singleton (instancia única). En la implementación realizada se utiliza en la clase MainApp implementando la clase Application que provee el framework Android, esta asegura el mantenimiento del estado global de la aplicación, es instanciada de forma automática por el framework al iniciar la aplicación.

Strategy: estrategia es un patrón que define una familia de algoritmos, encapsula cada uno y los hace intercambiables, strategy deja que el algoritmo varíe independientemente de quien lo use [Freeman et al., 2004]. En la implementación realizada se utiliza como bien dice el patrón para encapsular los comportamientos que varían, ejemplo en los servicios web y la traducción de los resultados de cada servicio web a objetos que la aplicación conozca.

Dependency injection: inyección de dependencia consiste en suministrar objetos a una clase en lugar de ser la propia clase quien cree el objeto. Es utilizado en varias partes del diseño realizado como es el caso de la clase MainApp, en esta se maneja un objeto de tipo ServerInterface utilizado para definir el servidor actual, este objeto es inyectado a esta clase, similar ocurre en otras clases implementadas.

Diagrama de paquetes

Los paquetes reflejan la arquitectura de alto nivel de un sistema: su descomposición en subsistemas y sus dependencias. Una dependencia entre paquetes resume las dependencias entre los contenidos del paquete. Los mismos están organizados de manera funcional, siguiendo un

cierto principio racional, tal como: funcionalidad común, implementación estrechamente relacionada y un punto de vista común, ver figura 2.7.

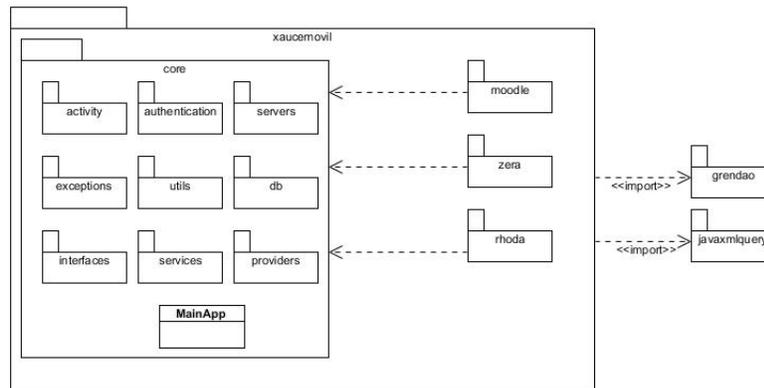


Figura 2.7: Diagrama de paquetes XauceMovil

cu.uci.xaucemovil.core.activity: Paquete encargado de contener las actividades principales de la aplicación, MainActivity, AuthenticatorActivity y SettingsActivity.

cu.uci.xaucemovil.core.authentication: Contiene las clases y utilidades que permiten crear en el sistema Android una cuenta de usuario vinculada a XauceMovil.

cu.uci.xaucemovil.core.db: Contiene las clases del modelo de datos.

cu.uci.xaucemovil.core.exceptions: Contiene las excepciones propias de la aplicación, CanContinueException y CanNotContinueExceptions.

cu.uci.xaucemovil.core.servers: Contiene los servidores implementados, los servidores que se implementen deberán encontrarse en este paquete ya que el sistema los detecta automáticamente si están dentro de este paquete, adicionalmente estos deberán implementar la interfaz ServerInterface.

cu.uci.xaucemovil.core.view: Contiene los componentes de interfaz de usuario que pueden ser reutilizados por los desarrolladores.

Diseño de interfaz de usuario

En la figura 2.8 se muestran los bocetos diseñados, elementos claves para la implementación del producto.



Figura 2.8: Prototipo interfaces XauceMovil

2.5.2. Diseño de base de datos

Uno de los requisitos de XauceMovil es que permita el trabajo offline. Para lograr esto se diseñó un modelo de datos *base* que contara con las entidades principales y que el desarrollador pudiera añadir/modificar otras entidades rápidamente.

Para ayudar a los desarrolladores en este sentido se eligió un Object Relational Mapping (ORM) especial para Android llamado GreenDAO [GreenDao, 2015], este permite mapear objetos Java a tablas de base de datos, almacenar, actualizar, eliminar y consultar objetos usando una API Object Oriented (OO).

GreenDao tiene asociado un proyecto que luego de configuraciones permite generar todas las entidades que se necesiten, esta característica permite que el desarrollador adicione/modifique las entidades ya generadas sin que esto le lleve mucho tiempo. El modelo de datos *base* realizado se puede observar en la figura 2.9.

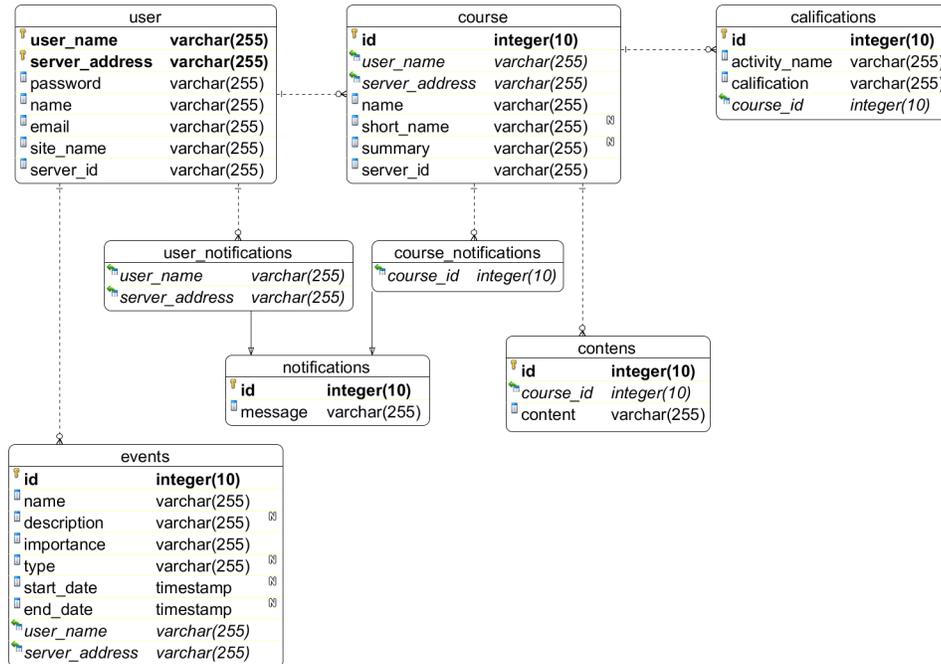


Figura 2.9: Modelo de datos base XauceMovil

Conclusiones parciales

La visualización de los contenidos de ZERA en diferentes dispositivos se logró gracias a la incorporación de las buenas prácticas del RWD a través de la definición de los puntos de quiebre, la introducción de flexibilidad en su diseño, la utilización de la estrategia Minor Adaptation con la ayuda polyfills Adaptative Images y los cambios realizados en el cliente y el servidor.

La capa de servicios web se materializó en la creación del plugin *sfAOServicesPlugin* permitiendo así que la plataforma cuente con la posibilidad de administrar los protocolos, mecanismos de seguridad y servicios web que se implementen en esta, además se logró la implementación de un grupo de servicios destinados a los dispositivos móviles.

La arquitectura de la aplicación XauceMovil permite la extensibilidad y reutilización de sus componentes haciendo uso de buenas prácticas y patrones de diseño.

Capítulo 3

Validación

En el capítulo se presenta la validación de la propuesta de solución desarrollada, mediante la aplicación de varios métodos científicos y pruebas teniendo en cuenta las variables definidas en la hipótesis. A continuación se describe cada método con los análisis desarrollados.

3.1. Descripción de la validación de la hipótesis

La hipótesis planteada en la presente investigación: *si se desarrolla una solución informática integral que incorpore técnicas de diseño adaptativo, una aplicación nativa móvil y una capa de servicios entonces los contenidos y las principales funcionalidades de la plataforma educativa ZERA se visualizarán y ejecutarán en los dispositivos móviles*; es del tipo causal multivariada y en ella se establece la relación que se muestra en la figura 3.1.

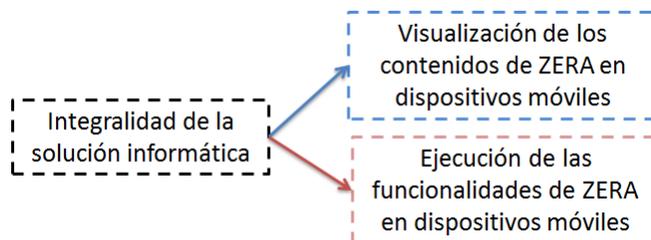


Figura 3.1: Relación de las variables de la hipótesis.

Como primer paso en la validación es necesario definir conceptualmente las variables que intervienen:

- **Integralidad de la solución informática:** la aplicación de técnicas y buenas prácticas que propone el RWD que aplicadas a la plataforma educativa ZERA permitirá su visualización en una amplia gama de dispositivos, incorporándose a esta una capa proveedora de servicios web que permita la administración de estos y los servicios necesarios para que sean consumidos por una aplicación nativa para Android.
- **Visualización de los contenidos de ZERA en dispositivos móviles:** consiste en que los contenidos se adapten a una amplia gama de tamaños de pantalla, se permita la navegación de estos a través de una distribución que permita su fácil acceso y comprensión.
- **Ejecución de las funcionalidades de ZERA en dispositivos móviles:** consiste en acceder a las principales funcionalidades de ZERA relacionadas con la visualización de contenidos y realizar las acciones previstas sobre este desde un dispositivo móvil.

En la tabla 3.1 se muestra las dimensiones que representa los elementos a tener en cuenta en los métodos utilizados.

Variable independiente		Métodos y pruebas realizadas		Variable dependiente	
Variable	Dimensión	Método	Prueba	Variable	Dimensión
Integralidad de la solución propuesta	Diseño web adaptativo	Diferencial semántico	-	Visualización de contenidos en dispositivos móviles	Adaptabilidad del contenido a diferentes pantallas
	Servicio web	-	Herramienta SoapUI		Navegación
	Aplicación nativa	Grupo focal	-		Distribución
	Diseño web adaptativo	-	Pruebas de funcionalidad	Ejecución de las funcionalidades en dispositivos móviles	Acceso a las funcionalidades relacionadas con los contenidos

Tabla 3.1: Operacionalización de las variables.

3.2. Diferencial semántico de Osgood

El diferencial semántico o prueba del diferencial semántico, es un instrumento de evaluación psicológica creado por Charles Osgood, George Suci y Percy Tannenbaum en 1957, pero que se aplica a cualquier escenario. Se plantea que un concepto adquiere significado cuando un signo (palabra) puede provocar la respuesta que está asociada al objeto que representa; es decir, se reacciona ante el objeto simbolizado.

La técnica se desarrolla proponiendo una lista de adjetivos al sujeto, que él ha de relacionar con los conceptos propuestos. Los adjetivos se presentan en forma bipolar, mediando entre ambos extremos una serie de valores intermedios. Por ejemplo se presenta el par amplio/pequeño, separados por una especie de regla graduada en la que el sujeto debe marcar cómo ubica el concepto en relación con ambos polos. [Charles Egerton and James G, 1969]

Para aplicar esta técnica en la validación se desarrollaron los siguientes pasos:

Paso 1: selección del objeto (concepto) a evaluar, para su identificación se tuvo en cuenta:

1. La relación con la variable planteada en el diseño teórico de la investigación.
2. El objeto seleccionado debe ser comprensible y ajustado a la temática que se investiga.
3. Que los participantes en la validación conozcan el objeto a medir, para ello se hace entrega de la definición y el contexto en que se utiliza en la propuesta.

Los objetos seleccionados forman parte de la definición conceptual de la variable dependiente de la hipótesis “*visualización de los contenidos*”, quedando los siguientes:

- Adaptación de los contenidos a la pantalla.
- La navegación.
- Distribución de los contenidos.

Paso 2: selección de los pares de adjetivos bipolares que conforman el instrumento, para ello se realizó una tormenta de idea con especialistas del centro FORTES con experiencia en la temática y se enriqueció con referentes bibliográficos.

Los criterios utilizados para la selección de los adjetivos en esta tormenta de ideas fueron los siguientes:

1. Pertinencia de los adjetivos a los conceptos a evaluar y que estuvieran estrechamente relacionados con la visualización del contenido.
2. Representatividad de las escalas. En este caso se llegó al consenso de utilizar una escala numérica de mayor a menor 3, 2, 1, 0, -1, -2, -3, estrategia utilizada en este método. Siendo 3 la mejor opción y -3 la peor.
3. Comprensión de los adjetivos. Aquellos más asequibles para el nivel de comprensión de los sujetos de la muestra.

Los pares de adjetivos identificados fueron sometidos a criterio de especialistas (5 especialistas con experiencia investigativa y/o de desarrollo en el tema, seleccionados de forma intencionada y que no formaron parte de la tormenta de idea) para que valoraran su pertinencia o no a los diferentes sujetos con sus respectivos adjetivos. Este proceso provocó la adición de dos adjetivos, esto son: *escalable* y *coherente*.

Después se procedió a aplicar el instrumento a una muestra de **40** personas **1** con categoría de máster, de ellos **36** estudiantes, **1** profesor y **3** especialistas.

En la figura 3.2 se puede apreciar la diversidad de resoluciones de pantalla donde fueron probados ambas plataformas. Además se tuvo en cuenta que se ejecutaran en diferentes dispositivos: PC escritorio (**2**), laptop (**2**), tablet (**4**) y teléfonos celulares (**32**).

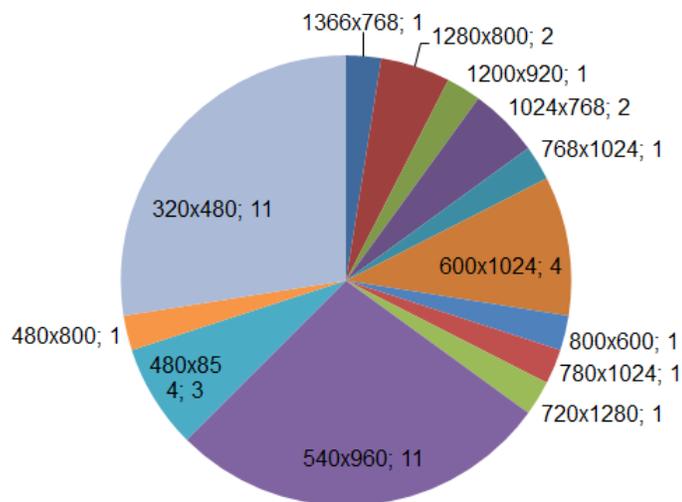


Figura 3.2: Resoluciones de pantallas.

Una vez procesada la información se puede concluir que el diseño adaptativo desarrollado permite que la plataforma ZERA se visualice en diferentes dispositivos, puesto que los adjetivos que fueron operacionalizados en la variable dependiente, según el método de diferencial semántico diseñado, obtuvieron resultados positivos. En el anexo 3.8.1 se puede consultar los datos ofrecidos por el instrumento aplicado. En la figura 3.3 se visualiza el comportamiento de uno de los indicadores del instrumento, donde se muestra evidencia de esta afirmación.

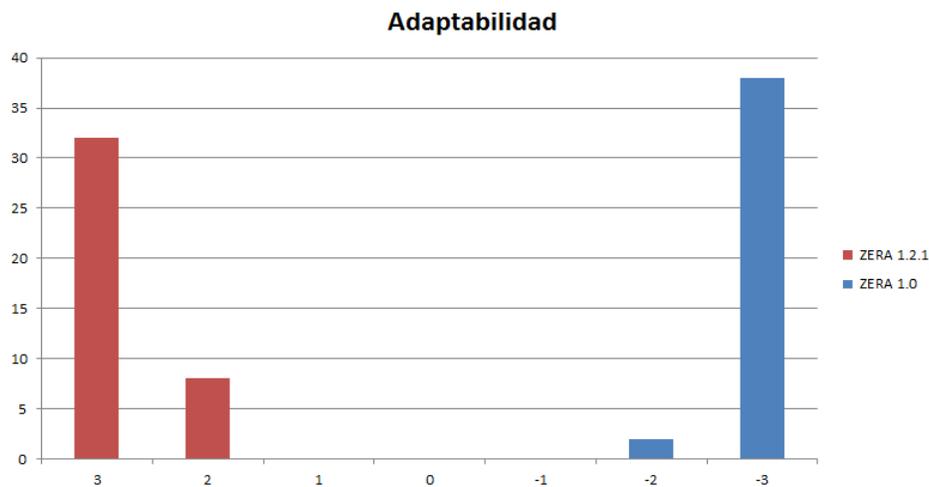


Figura 3.3: Comparación en cuanto a adaptabilidad.

3.3. Grupo focal

El grupo focal es una técnica de investigación cualitativa *“es un tipo de entrevista grupal que se estructura para recolectar opiniones detalladas y conocimientos acerca de un tema particular, vertidos por los participantes seleccionados”*. [Balcázar et al., 2005]

El investigador está presente en la sesión de trabajo del grupo pero debe actuar como anotador de las ideas expresadas por los participantes de esta manera no influyen sus criterios en las opiniones de los integrantes del grupo.

El objetivo del grupo focal es evaluar las tendencias a la aprobación de la arquitectura base propuesta para la aplicación nativa a desarrollar. Para ello se seleccionaron 7 especialistas con experiencia en el diseño de arquitecturas y con conocimientos del lenguaje Java o del desarrollo de aplicaciones para Android en la UCI. Dentro de los participantes están directo-

res de centros, doctores con experiencia en el desarrollo de software y especialistas con rol de programador.

Para la conducción de la actividad fue diseñado un guión de desarrollo. Para su confección se tuvo en cuenta que la actividad debe comportarse como una entrevista abierta pero estructurada donde se propicie el debate en base a las experiencias personales y al conocimiento que poseen sobre la temática cada uno de los especialistas. Para el diseño de las preguntas se tuvo en cuenta ir de lo general a lo específico, de lo más fácil a lo más difícil y de lo positivo a lo negativo, como se muestran en el anexo 3.9.

Se seleccionaron además dos personas que no tienen relación directa con la investigación para que fungieran como moderador y otra para que lleve la relatoría de una forma imparcial. Antes de comenzar el debate se realizó una presentación por el investigador de la arquitectura base de XauceMóvil v1.0 propuesta. Durante las intervenciones de cada uno de los participantes se pudo comprobar que estaban de acuerdo con la necesidad de contar con una aplicación específica para los dispositivos móviles y que esta se conectara con la versión web de las aplicaciones desarrolladas en el centro FORTES.

El 100 % estuvo de acuerdo con los patrones de diseño propuesto y que la arquitectura definida permitirá la visualización de los contenidos de las plataformas ZERA, Moodle y el repositorio Rhoda en dispositivos móviles, ya que la estructura garantiza la adaptabilidad del contenido a diferentes pantallas, permite la navegación por las principales funcionalidades ofertadas a través de servicios de estas plataformas contribuyendo así a la distribución de los contenidos en diferentes escenarios y permitiendo su acceso y comprensión.

Se realizaron las siguientes sugerencias: incorporar en la arquitectura la posibilidad de que la interfaz esté compuesta por componentes que los desarrolladores puedan reutilizarlos o crear nuevos, incorporar la realización de acciones luego que sea lanzado algún mensaje a través del manejador de mensajes que se diseñó y añadir en la próxima versión de XauceMóvil la posibilidad de enviar/sincronizar el trabajo realizado offline.

De estas sugerencias se incorporó a la solución la posibilidad de que la interfaz esté compuesta por componentes, desarrollándose dos componentes reutilizables, el resto pasan a formar parte de las recomendaciones de la presente investigación.

3.4. Herramientas para validar los servicios web

Con el objetivo de verificar que los servicios web implementados estaban bien diseñados se realizó un análisis de varias herramientas como: WebInject [Corey Goldberg, 2006], Wizdl [Ajai Shankar, 2008], WCF Test Client [Microsoft, 2010] y soapUI [SmartBear, 2015]. Esta última se comprobó en la literatura como una de las más utilizadas, además permite comprobar varios protocolos dentro de los que se encuentra los desarrollados en la propuesta.

En las figuras 3.4 y 3.5 se puede apreciar una de las pruebas realizadas donde se evidencia los resultados que arrojó la misma.

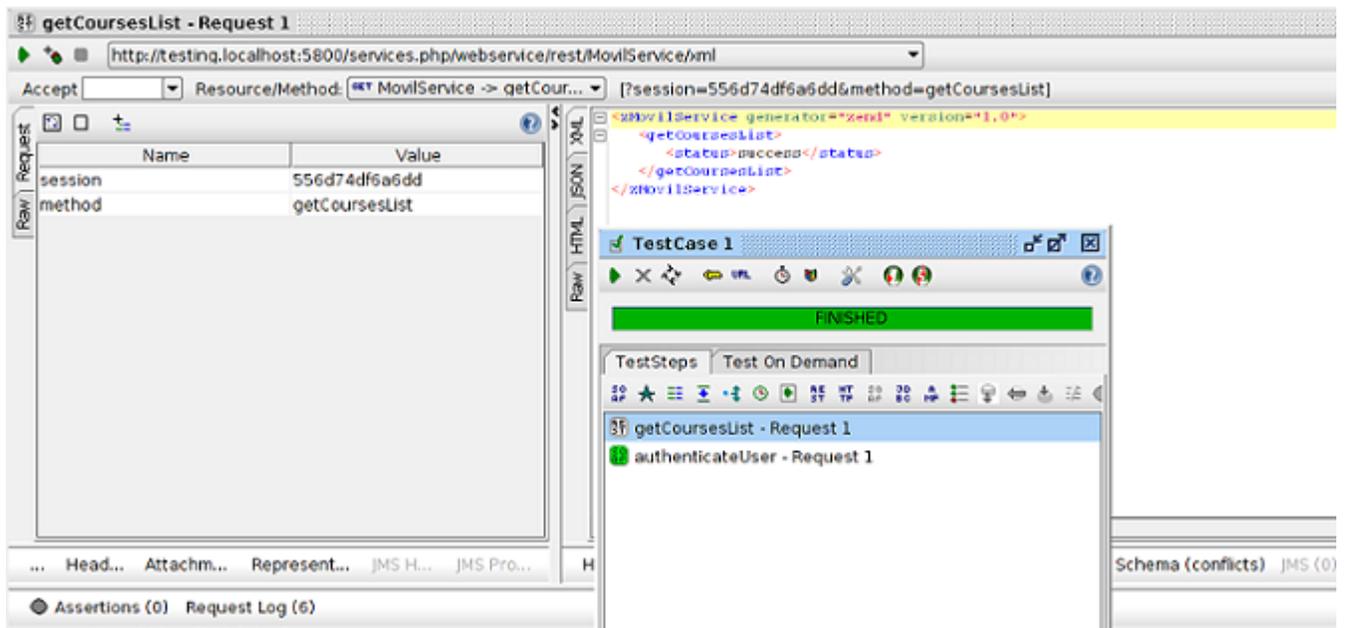


Figura 3.4: Pruebas realizadas con SoapUI 4.5.1, REST.

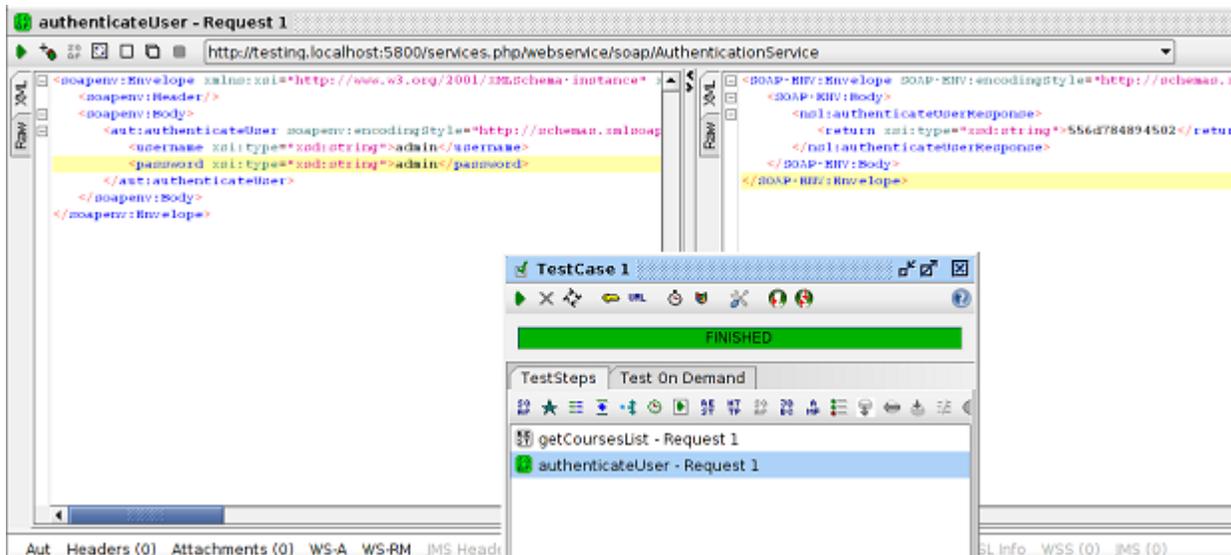


Figura 3.5: Pruebas realizadas con SoapUI 4.5.1 protocolo SOAP.

3.5. Pruebas funcionales

Luego de realizado los cambios que se han expuesto en la presente investigación se pasó a comprobar la integridad de esta en dispositivos móviles a través de los casos de prueba existentes. Se priorizaron los casos de prueba relacionados con el subsistema *Curso* debido a que es donde se realizaron la mayor cantidad de cambios. La aplicación de los casos de prueba se realizó en 3 iteraciones durante el proceso de desarrollo de la propuesta por parte de los especialistas del proyecto que poseen esta responsabilidad.

ZERA posee alrededor de **400** funcionalidades y en el subsistema *Curso* **86**, provocando que durante las revisiones se detectaran varias no conformidades relacionadas principalmente con:

- Superposición de los textos de las tablas existentes sobre todo en resoluciones de pantallas pequeñas.
- Opciones que se visualizaba cuando el evento *mouseover* se disparaba encima de algunos ítems, estos no se mostraban en resoluciones pequeñas.

- Textos largos en los menú y contenidos que impedían su visualización correcta en dispositivos pequeños.

Las principales soluciones desarrolladas ante estas problemáticas estuvieron relacionadas con la utilización a través de los puntos de quiebres definidos en 2.1 de reglas CSS para dividir las palabras (*word-break: break-all*) y que permanezcan en la misma línea (*white-space: nowrap*), además de mostrar las opciones que no se visualizaban (*visibility: visible*).

En el caso de los dispositivos con pantalla táctil se detectaron no conformidades que no pudieron ser resueltas, estas están relacionadas con las funcionalidades: gestionar apunte y gestionar resaltado. A estas funcionalidades se accede a través de la selección de una parte del texto del contenido. La *selección de texto* en dispositivos móviles usando JavaScript no está ampliamente soportada por todos los navegadores y tipos de dispositivos, lo que genera que en algunos casos funcione correctamente y en otros no. Debido a esta razón y a que estas dos funcionalidades no son de vital importancia para la plataforma se decidió no tenerlas disponibles en dispositivos con resoluciones < 978px.

Conclusiones parciales

Después de aplicados los métodos científicos y pruebas se puede concluir que la hipótesis planteada en la investigación se corrobora. La solución desarrollada permite tanto la visualización de ZERA como el acceso a sus principales funcionalidades desde dispositivos móviles. La aplicación de los métodos permitió identificar **2** sugerencias que quedarán reflejadas como parte de las recomendaciones.

Conclusiones

Con los elementos teóricos y prácticos referidos al diseño web adaptativo, la adaptación de contenido y la incorporación del m-learning en los sistemas educativos, se desarrolló e implementó una solución informática que integra las buenas prácticas analizadas, validada por métodos científicos y pruebas que comprobaron la visualización y ejecución de ZERA en dispositivos móviles.

La visualización de los contenidos de ZERA en diferentes dispositivos se logró gracias a la incorporación de las buenas prácticas del Responsive Web Design a través de la definición de los puntos de quiebre, la introducción de flexibilidad en su diseño, la utilización de la estrategia Minor Adaptation con la ayuda del polyfills Adaptative Images y los cambios realizados en el cliente y el servidor.

Se logró una capa de servicios web que administra los protocolos, mecanismos de seguridad y servicios web implementados, permitiendo el consumo de estos desde dispositivos móviles. La arquitectura de la aplicación nativa XauceMovil permite la incorporación de las plataformas ZERA, RHODA y Moodle a dispositivos móviles con el SO Android permitiendo la extensibilidad y reutilización de sus componentes haciendo uso de buenas prácticas y patrones de diseño.

Recomendaciones

- Utilizar la estrategia de adaptación de contenido Unified en próximas versiones de la plataforma dado su capacidad para analizar las características individuales de cada dispositivo.
- Crear una metodología para diseñar cursos según la filosofía de la plataforma ZERA que guíe a los profesores y tenga en cuenta las nuevas formas de aprender de los estudiantes.
- Brindar la posibilidad de realizar acciones automáticas luego de haber enviado algún mensaje a través del manejador de mensajes que se diseñó en XauceMovil.
- Añadir en la próxima versión de la arquitectura de XauceMovil la posibilidad de enviar y sincronizar el trabajo realizado offline.

Referencias bibliográficas

[14 Islands AB, 2014] 14 Islands AB (2014). Responsive.io. *Web page:* <https://responsive.io/>.

[Ajaishankar, 2008] Ajaishankar (2008). Web Service GUI Test Tool.

[Alegsa, 2014] Alegsa, L. (2014). Alagsa.com.ar. *Web page:* <http://www.alegsa.com.ar/Dic/widget.php>.

[Android Developers, 2014] Android Developers (2014). Best Practices for Web Apps. *Web page:* <http://developer.android.com/guide/webapps/best-practices.html>.

[Araujo Quintana et al., 2013] Araujo Quintana, A., Duran López, R., Manso Guerra, Y., and Santos Salgado, C. (2013). Rediseño del módulo iResources de la Plataforma Educativa ZERA. *Trabajo de Diploma:* http://repositorio_institucional.uci.cu/jspui/handle/ident/8173.

[Area Moreira, 2004] Area Moreira, M. (2004). *Los medios y las tecnologías en la educación*. Ediciones Pirámide, España.

[Ariel Clarenc, 2013] Ariel Clarenc, C. (2013). Instrumento de evaluación de LMS, materiales educativos digitales y recursos de la WEB 3.0. In *Congreso Virtual Mundial de e-Learning: Grupo GEIPITE.*, page 20. Grupo GEIPITE, Congreso Virtual Mundial de e-Learning.

[Ariel Clarenc et al., 2013] Ariel Clarenc, C., Mariel Castro, S., López, C., Eugenia Moreno, M., and Beatriz Tosco, N. (2013). *Analizamos 19 plataformas de e-Learning: Investigación colaborativa sobre LMS*. Grupo GEIPITE, Congreso Virtual Mundial de e-Learning., 3ra edition.

- [Baelo Álvarez, 2009] Baelo Álvarez, R. (2009). El e-learning, una respuesta educativa a las demandas de las sociedades del siglo XXI. *Pixel-Bit: Revista de Medios y Educación*, 35:87–96.
- [Balcázar et al., 2005] Balcázar, P., González, N., Gurrola, G., and Moysén, A. (2005). *Investigación Cualitativa*.
- [Bartolomé, 2004] Bartolomé (2004). Blended Learning. Conceptos Básicos. *Pixel-Bit: Revista de Medios y Educación*, 23:7–23.
- [Benedetti and Cranley, 2011] Benedetti, R. and Cranley, R. (2011). *Head First jQuery*. O'Reilly Media, Inc, USA.
- [Blackboard, 2014] Blackboard (2014). Blackboard Oficial Web Page. *Web page: <http://www.blackboard.com>*.
- [Bynens et al., 2014] Bynens, M., Maris, C., and Reinl, H. C. (2014). HTML5 Boilerplate. *Web page: <http://html5boilerplate.com/>*.
- [Cañizares González, 2012] Cañizares González, R. (2012). *Repositorio de recursos educativos para las instituciones de educación superior*. Thesis, La Habana, Cuba.
- [Campanella, 2012] Campanella, P. (2012). Mobile Learning : New forms of education. In *ICETA 2012 - 10th IEEE International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications*, pages 51–56, Stará Lesná, The High Tatras, Slovakia. IEEE.
- [Carrasco, 2011] Carrasco, S. (2011). Mínima síntesis histórica de la evolución de las LMS y sorpresas del camino. *Web page: <http://blogcued.blogspot.com/2011/08/minima-sintesis-historica-de-la.html>*.
- [Caudill, 2007] Caudill, J. G. (2007). Mobile Computing : Parallel developments. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 8(2):1–13.
- [Chang et al., 2008] Chang, H.-P., Hung, J. C., Wang, C.-C., Weng, M.-T., Shih, T. K., and Lee, C.-Y. (2008). A Learning Content Adaptation Tool with Templates for Different Handhelds. pages 457–463.

- [Charles Egerton and James G, 1969] Charles Egerton, O. and James G, S. (1969). *Semantic differential technique: A sourcebook*. Aldine.
- [Chocolate Chip, 2014] Chocolate Chip (2014). Chocolate Chip UI. *Web page:* <http://chocolatechip-ui.com/>.
- [Corey Goldberg, 2006] Corey Goldberg (2006). WebInject. *Web page:* <http://www.webinject.org/>.
- [Deveria, 2014] Deveria, A. (2014). Can I use CSS3 Media Queries? *Web page:* <http://caniuse.com/css-mediaqueries>.
- [Dey, 2001] Dey, A. K. (2001). Understanding and Using Context. *Future Computing Environments Group*, 5(1):4–7.
- [Díaz-Antón and Pérez, 2005] Díaz-Antón, G. and Pérez, M. (2005). Hacia una ontología sobre lms. *Proceeding VII Jornadas Internacionales de las Ciencias Computacionales*.
- [Domínguez Figaredo, 2007] Domínguez Figaredo, D. (2007). Devenir histórico de mitos y usos tecnológicos en educación a distancia: de la lectoescritura al e-learning. *Revista textos de cibersociedad*, 10:9.
- [Ehringer, 210] Ehringer, D. (210). The dalvik virtual machine architecture. *Techn. report*.
- [Empirical Evidence SL, 2013] Empirical Evidence SL (2013). Thumbr.io. *Web page:* <http://www.thumbr.io/>.
- [ETECSA, 2014] ETECSA (2014). Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A. *Web page:* <http://www.etecsa.cu/>.
- [Fee and Thurgood, 2014] Fee, D. and Thurgood, E. (2014). ReSRC.it. *Web page:* <http://www.resrc.it/>.
- [Fielding, 2000] Fielding, R. T. (2000). *Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures*. Thesis, University of California, Irvine.
- [Freeman et al., 2004] Freeman, E., Freeman, E., Bates, B., and Sierra, K. (2004). *Head First Design Patterns*. O'Reilly Media, Inc.

- [Fundéu BBVA, 2011] Fundéu BBVA (2011). wifi, sin guion, en minúsculas y sin resalte. *Web page*: <http://www.fundeu.es/recomendacion/wifi-como-termino-espanol-545/>.
- [García Aretio, 2001] García Aretio, L. (2001). *La educación a distancia de la teoría a la práctica*. Editorial Ariel S.A., Barcelona, 1ra edition.
- [García Barrios, 2007] García Barrios, V. M. (2007). *Personalisation in Adaptive E-Learning Systems: A Service-Oriented Solution Approach for Multi-Purpose User Modelling Systems*. Thesis, Institute for Information Systems and Computer Media (IICM), Graz, Austria.
- [García Santos, 2013] García Santos, N. (2013). Más de cien mil usuarios contrataron servicios de Internet. *Web page*: <http://www.juventudrebelde.cu/cuba/2013-08-28/mas-de-cien-mil-usuarios-contrataron-servicios-de-internet/>.
- [Gatcke, 2014] Gatcke, J. (2014). HTML KickStart. *Web page*: <http://www.99lime.com/elements/>.
- [Georgiev et al., 2014] Georgiev, A., Sillitti, A., and Succi, G. (2014). Open source mobile virtual machines: An energy assessment of dalvik vs. art. In Corral, L., Sillitti, A., Succi, G., Vlasenko, J., and Wasserman, A., editors, *Open Source Software: Mobile Open Source Technologies*, volume 427 of *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, pages 93–102. Springer Berlin Heidelberg.
- [Georgiev et al., 2004] Georgiev, T., Evgenia, G., and Angel, S. (2004). M-Learning - a New Stage of E-Learning. In *International Conference on Computer Systems and Technologies - CompSysTech'2004*, pages 1–5.
- [Georgieva et al., 2005] Georgieva, E., Smrikarov, A., and Georgiev, T. (2005). A General Classification of Mobile Learning Systems. In *International Conference on Computer Systems and Technologies - CompSysTech' 2005*, pages 1–6.
- [Gómez et al., 2009] Gómez, S., Huerva, D., Mejía, C., Baldiris, S., and Fabregat, R. (2009). Designing Context-Aware Adaptive Units of Learning Based on IMS-LD Standard. *IEEE Xplore*, page 6.
- [GreenDao, 2015] GreenDao (2015). GreenDAO – Android ORM for SQLite. *Web page*: <http://greendao-orm.com/>.

- [Guy et al., 2010] Guy, R., Chaka, C., Hoorebeek, M. V., Cohen, E. B., Masrom, M., Ismail, Z., and Sagrario, M. (2010). *Mobile Learning Pilot Projects and Initiatives*. Informing Science Press, Santa Rosa, California.
- [Holzinger et al., 2005] Holzinger, A., Nischelwitzer, A., and Meisenberger, M. (2005). Mobile Phones as a Challenge for m-Learning : Examples for Mobile Interactive Learning Objects (MILOs). In *3rd Int'l Conf. on Pervasive Computing and Communications Workshops (Per-Com 2005 Workshops)*, pages 2–6. IEEE Computer Society.
- [IUI, 2007] IUI (2007). iUI web framework for smartphones & high-end devices. *Web page: <http://www.iui-js.org/>*.
- [Jehl et al., 2014] Jehl, S., Marquis, M., and Jansepar, S. (2014). Picturefill. *Web page: <http://scottjehl.github.io/picturefill/>*.
- [Johnson et al., 2012] Johnson, L., Adams Becker, S., and Cummins, M. (2012). NMC Horizon Report: 2012 Higher Education Edition. Technical report, The New Media Consortium, Austin, Texas.
- [Johnson et al., 2015] Johnson, L., Adams Becker, S., Estrada, V., and Freeman, A. (2015). NMC Horizon Report: 2015 Higher Education Edition. Technical report, The New Media Consortium, Austin, Texas.
- [Kambourakis et al., 2004] Kambourakis, G., Kontoni, D. P. N., and Sapounas, I. (2004). Introducing Attribute Certificates to Secure Distributed e-learning or m-learning Services. In *Proceedings of the IASTED International Conference*, pages 436–440, Innsbruck, Austria.
- [Khalaf, 2013] Khalaf, S. (2013). Flurry Five-Year Report: It's an App World. The Web Just Lives in It. *Web page: <http://www.flurry.com/bid/95723/Flurry-Five-Year-Report-It-s-an-App-World-The-Web-Just-Lives-in-It>*.
- [Knight, 2011] Knight, K. (2011). Responsive Web Design: What It Is and How to Use It. *Smashing eBook - Best of Smashing Magazine*, pages 234–269.
- [Korpi, 2014] Korpi, J. (2014). Less Framework 4. *Web page: <http://lessframework.com/>*.

- [Kristol, 2001] Kristol, D. M. (2001). HTTP Cookies : Standards , Privacy , and Politics. *ACM Transactions on Internet Technology (TOIT)*, 1(2):151–198.
- [Lum and Lau, 2003] Lum, W. Y. and Lau, F. C. M. (2003). User-Centric Content Negotiation for Effective Adaptation Service In Mobile Computing. *IEEE Press Piscataway, NJ, USA*, 29(12):1100–1111.
- [Marcotte, 2010] Marcotte, E. (2010). Responsive Web Design. *A List Apart*: <http://alistapart.com/article/responsive-web-design>, (306).
- [Marcotte, 2011] Marcotte, E. (2011). *Responsive Web Design*. Number 306. A Book Apart, New York, New York.
- [Microsoft, 2010] Microsoft (2010). WCF Test Client. *Web page*: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb552364.aspx>.
- [MobiForge, 2009] MobiForge (2009). Adaptation Strategies. *Web page*: <http://mobiforge.com/book/adaptation-strategies>, 2013(25 abril).
- [Mobile, 2014] Mobile, B. (2014). Blackboard Mobile. *Web page*: <https://www.blackboard.com/platforms/mobile/products/mobile-learn.aspx>.
- [Montage Studio, 2012] Montage Studio (2012). MontageJS. *Web page*: <http://montagestudio.com/montagejs/>.
- [Moodbile, 2014] Moodbile (2014). Moodbile Oficial Web Page. In. *Web page*: <http://www.moodbile.org>.
- [Moodle, 2014] Moodle (2014). Moodle Oficial Web Page. *Web page*: <https://moodle.org>.
- [New Media Consortium and Initiative Educauce Learning, 2008] New Media Consortium and Initiative Educauce Learning (2008). The report 2008. Technical report, The New Media Consortium.
- [Nielsen, 2012] Nielsen, J. (2012). Usability 101: Introduction to Usability. *Nielsen Norman Group*.

- [Nitobi and Adobe Systems, 2014] Nitobi and Adobe Systems (2014). PhoneGap. *Web page:* <http://phonegap.com>.
- [Otto and Jacob, 2014] Otto, M. and Jacob (2014). Bootstrap. *Web page:* <http://getbootstrap.com/2.3.2/>.
- [Peterson, 2014] Peterson, C. (2014). *Learning Responsive Web Design*. O'Reilly Media, Inc., Canadad, first edit edition.
- [Pinkwart et al., 2003] Pinkwart, N., Hoppe, H. U., Milrad, M., and Perez, J. (2003). Educational scenarios for cooperative use of Personal Digital Assistants. *Journal of Computer Assisted Learning*, 19(3):383–391.
- [Pisanty et al., 2010] Pisanty, A., Enríquez, L., Chaos-Cador, L., and García Burgos, M. (2010). “M-learning en ciencia” - Introducción de aprendizaje móvil en física. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 13(1):129–155.
- [Potencier, 2011] Potencier, F. (2011). Generador de admin. *Web page:* http://symfony.com/legacy/doc/jobeeet/1_4/es/12?orm=Doctrine.
- [Pushpa, 2012] Pushpa, M. (2012). ACO in e-Learning : Towards an adaptive learning path. *International Journal on Computer Science and Engineering (IJCSE)*, 4(03):458–462.
- [Rho et al., 2005] Rho, S., Cho, J., and Hwang, E. (2005). Adaptive Multimedia Content Delivery in Ubiquitous Environments. *WISE 2005 Workshops*, pages 43–52.
- [Rojas Hernández et al., 2014] Rojas Hernández, G., Sánchez González, P., Rodríguez Varela, E. I., Caballero Becerril, R. S., and Martínez Martínez, M. (2014). Un entorno b-learning para la promoción de la escritura académica de estudiantes universitarios. *RMIE*, 19(61):349–375.
- [Schmitt, 2013] Schmitt, C. (2013). HiSRC. *Web page:* <https://github.com/teleject/hisrc>.
- [Sencha, 2014] Sencha (2014). HTML5 App Development for Desktop and Mobile. JavaScript Frameworks and Dev Tools from Sencha. *Web page:* <http://www.sencha.com/learn/how-to-use-srcsencha-io/>.

- [Sencha Inc., 2014] Sencha Inc. (2014). Sencha Touch Framework. *Web page:* <http://www.sencha.com/products/touch>.
- [Sharples, 2006] Sharples, M. (2006). Big Issues in Mobile Learning Report of a workshop. *Kaleidoscope Network of Excellence*, page 34.
- [Shuler et al., 2013] Shuler, C., Winters, N., and West, M. (2013). El futuro del aprendizaje móvil. Implicaciones para la planificación y la formulación de políticas. Technical report, UNESCO.
- [Skeleton, 2014] Skeleton (2014). Skeleton. *Web page:* <http://www.getskelton.com/>.
- [SmartBear, 2015] SmartBear (2015). SoapUI. *Web page:* <http://www.soapui.org/>.
- [Snell, 2013] Snell, J. (2013). Flexible Everything: Getting Responsive With Web Design. *Computers in Libraries*, (April):6.
- [The Apache Software Foundation, 2004] The Apache Software Foundation (2004). Apache License, Version 2.0. *Web page:* <http://www.apache.org/licenses/LICENSE-2.0>.
- [The jQuery Foundation, 2014] The jQuery Foundation (2014). jQuery Mobile. *Web page:* <http://jquerymobile.com/>.
- [Tomás Gironés, 2013] Tomás Gironés, J. (2013). *El gran libro e Android*. Alfaomega Grupo Editor, S.A de C.V, Barcelona, España, 3ra edition.
- [Trajkovski, 2006] Trajkovski, G. (2006). Transitioning from e-Learning to m-Learning : Present Issues and Future Challenges. *Information Sciencies*, page 4.
- [Traxler, 2005] Traxler, J. (2005). Defining mobile learning. *IADIS International Conference Mobile Learning 2005*, pages 261–266.
- [Tschan and Wing, 2014] Tschan, S. and Wing (2014). JavaScript-Templates. *Web page:* <https://github.com/blueimp/JavaScript-Templates>.
- [UNESCO, 2012] UNESCO (2012). Activando el aprendizaje móvil en américa latina. Technical report.

- [Van Tassel, 1974] Van Tassel, D. (1974). *Program style: design, efficiency, debugging, and testing*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- [W3C-CSS, 2011] W3C-CSS (2011). W3C. *Web page: <http://www.w3.org/TR/CSS/#css3>*.
- [W3C-HTML5, 2014] W3C-HTML5 (2014). HTML5. *Web page: <http://www.w3.org/TR/html5/>*.
- [W3C-MQ, 2012] W3C-MQ (2012). Media Queries. *Web page: <http://www.w3.org/TR/css3-mediaqueries/>*.
- [W3C-MWBP, 2008] W3C-MWBP (2008). Mobile Web Best Practices 1.0. *Web page: <http://www.w3.org/TR/mobile-bp/#d0e128>*.
- [W3C-RICG, 2014] W3C-RICG (2014). Responsive Images Community Group. *Web page: <http://www.w3.org/community/respimg/>*.
- [Wilcox, 2014] Wilcox, M. (2014). Adaptive Images. *Web page: <http://adaptive-images.com/>*.
- [Yaghmaie and Bahreininejad, 2011] Yaghmaie, M. and Bahreininejad, A. (2011). A context-aware adaptive learning system using agents. *Expert Systems With Applications, Science-Direct*, 38(4):3280–3286.
- [Zhao, 2010] Zhao, X. (2010). *Adaptive Content Delivery Based on Contextual and Situational Model Adaptive Content Delivery Based on Contextual and Situational Model*. Thesis, Tokyo, Japan.
- [ZURB, 2014] ZURB (2014). Foundation. *Web page: <http://foundation.zurb.com/>*.

Acrónimos

LMS	Learning Management Systems
EVA	Entorno Virtual de Aprendizaje
RWD	Responsive Web Design
URL	Uniform Resource Locator
CSS	Cascading Style Sheets
HTML	HyperText Markup Language
GPS	Global Positioning System
ART	Android Runtime
2D	2 Dimensiones
3D	3 Dimensiones
JPEG	Joint Photographic Experts Group
GIF	Graphics Interchange Format
API	Application Programming Interface
MVC	Modelo Vista Controlador
PNG	Portable Network Graphics
CPU	Central Processing Unit

XML	Extensible Markup Language
MP3	MPEG-1 Audio Layer III o MPEG-2 Audio Layer III
ACC	Advanced Audio Coding
SQL	Structured Query Language
PHP	Hypertext Preprocessor
UCI	Universidad de las Ciencias Informáticas
IOS	iPhone Operating System
TIC	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
GPRS	General Packet Radio Service
IrDA	Infrared Data Association
GSM	Global System for Mobile communications
IMS-QTI	IMS Question & Test Interoperability Specification
SCORM	Sharable Content Object Reference Model
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
ETECSA	Empresa de Telecomunicaciones de Cuba
CENED	Centro Nacional de Educación a Distancia
MES	Ministerio de Educación Superior
ONEI	Oficina Nacional de Estadísticas e Información
OpenGL	Open Graphics Library
REST	Representational State Transfer
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
JSON	JavaScript Object Notation

SOAP Simple Object Access Protocol

WSDL Web Services Description Language

H.264/MPEG-4 AVC MPEG-4 Parte 10 Códec de Vídeo Avanzado

XML-RPC Remote Procedure Call protocol encoded in XML

JSON-RPC Remote Procedure Call protocol encoded in JSON

SCORM Shared Content Object Referent Model

AJAX Asynchronous JavaScript And XML

ORM Object Relational Mapping

OO Object Oriented

Anexos

3.6. Código widget sfAOWidgetFormInputFile

Código 3.1: Código widget sfAOWidgetFormInputFile.

```
class sfAOWidgetFormInputFile extends sfWidgetFormInput {
    protected function configure($options = array(), $attributes = array())
    {
        parent::configure($options, $attributes);
        $this->setOption('type', 'file');
        $this->setOption('needs_multipart', true);
    }
    public function render($name, $value = null, $attributes = array(),
        $errors = array()) {
        $disable = isset($attributes['disabled']) ? $attributes['disabled']
            : '';
        $id_span = str_replace('[', '_', $name);
        $id_span = str_replace(']', '', $id_span);
        $html = "<div class=\"add-file-container\">";
        $html.= "<span id=\"" . $id_span . "\" class=\"btn fileinput-button\"";
            " . $disable . "\">";
        $html.= "<i class=\"icon-circle-arrow-up\"></i>";
        $html.= "<span>" . __('File up', null, 'global') . "</span>";
        $html.= $this->renderTag('input', array_merge(array('type' => $this-
            >getOption('type'), 'name' => $name, 'value' => $value),
            $attributes));
        $html.= "</span></div>";
        $html .= sprintf(<<<EOF
<script type="text/javascript">
```

```

$(function(){
    $('input#%s').fileupload({
        dataType: 'json',
        url: '',
        dropZone: $("div.add-file-container"),
        replaceFileInput: false,
        limitMultiFileUploads: 1,
        autoUpload: false,
        add: function(e, data) {
            var goUpload = true;
            var uploadFile = data.files[0];

            if (goUpload){
                var span_txt = $('span#%s').find('span');
                $(span_txt).html(uploadFile.name);
            }
        },
        done: function(e, data) {},
        progressall: function(e, data) {
            var progress = parseInt(data.loaded / data.total * 100, 10);
        }
    });
});
</script>
EOF , $id_span, $id_span );
    return $html;
}
public function getJavascrpts() {
    return array();
}
}
}

```

3.7. Componente sfFileUploadComponents

Código 3.2: Código componente sfFileUploadComponents.

```

class sfFileUploadComponents extends sfComponents
{

```

```

public function executeFileUploadOld (){
    sfContext::getInstance()->getResponse ()->addStylesheet (sfConfig::get
        ('app_upload_css_dir', '') . 'plug_fileUpload_css.css');
    $response = sfContext::getInstance()->getResponse ();
    $response->addJavascript (sfConfig::get ('app_upload_js_dir', '') . '
        plug_fileUpload.js');
    sfUserTools::setSessionVar ('default', $this->default);
    sfUserTools::setSessionVar ('plug_file_action', $this->action);
    sfUserTools::setSessionVar ('plug_file_id_input_file', $this->
        idInputFile);
}

public function executeFileUpload() {
    sfContext::getInstance()->getResponse ()->addStylesheet(sfConfig::get
        ('app_upload_css_dir', '') . 'plug_fileUpload_css.css');
    $response = sfContext::getInstance()->getResponse ();
    $response->addJavascript(sfConfig::get('app_upload_js_dir', '') . '
        jquery.ui.widget.js');
    $response->addJavascript(sfConfig::get('app_upload_js_dir', '') . '
        jquery.iframe-transport.js');
    $response->addJavascript(sfConfig::get('app_upload_js_dir', '') . '
        jquery.fileupload.js');
    $response->addJavascript(sfConfig::get('app_upload_js_dir', '') . '
        plug_fileUpload.js');
    $this->permite_file = '';
    if (!isset($this->buttonText))
        $this->buttonText = __('Select file', null, 'global');
    if (isset($this->idInputFile) && ($this->action)) {
        if (sfConfig::get('sf_app') == 'bachelor' || sfConfig::get('
            sf_app') == 'course') {
            $obj_Mime = new BachelorMime(sfUserTools::getSessionVar('
                school_id'));
            $mimes_sql = $obj_Mime->getMimes();
            foreach ($mimes_sql as $value) {
                $this->permite_file .= $value['type'] . '|';
            }
            $this->permite_file = substr($this->permite_file, 0, strlen(
                $this->permite_file) - 1);
        }
    }
}

```

```

    }
    else
        throw new Exception('Not found parameters idInputFile or action.
            ');

    sfUserTools::setSessionVar('default', $this->default);
    sfUserTools::setSessionVar('plug_file_action', $this->action);
    sfUserTools::setSessionVar('plug_file_id_input_file', $this->
        idInputFile);
}
}

```

Código 3.3: Código vista componente sfFileUploadComponents.

```

<div class="row-fluid">
    <div id="<?php echo $idInputFile ?>_upload_name" class="row-fluid
        plug_fileupload_name">
    </div>
    <div class="file-container-plug">
        <div class="row-fluid">
            <span id="resource-big_img" class="btn fileinput-button ">
                <i class="icon-circle-arrow-up"></i>
                <span><?php echo $buttonText; ?></span>
                <input type="file" name="<?php echo $idInputFile ?>[]" id="<?php
                    echo $idInputFile ?>">
                <div id="<?php echo $idInputFile ?>request-container" class="">
                    </div>
            </span>
        </div>
        <div class="row-fluid plug_file_up_comp_help"><?php //echo
            $permite_file; ?></div>
    </div>
</div>
<script type="text/javascript">
    var plug_upload_file_id = '<?php echo $idInputFile; ?>';
    var plug_upload_file_action = '<?php echo $action; ?>';
    var plug_upload_file_permitted = '<?php echo $permite_file; ?>';
    var plug_file_inter = {

```

```
file_not_permitte: '<?php echo __('File not permitted. Try  
again.', null, 'global') ?>'  
};  
$(function(){  
    plug_fileUpInit();  
});  
</script>
```

3.8. Encuesta

Encuesta a aplicar a usuarios que evalúen la visualización de ZERA en diferentes dispositivos:

La siguiente encuesta tiene el objetivo que Ud. como usuario (y/o) especialista en la temática de su valoración con respecto a la solución desarrollada, para ello necesitamos que Ud. interactúe con las dos versiones de ZERA que ponemos a su disposición y nos complete las preguntas que a continuación se listan por cada una de ellas.

Muchas gracias por su contribución.

I) Datos generales:

1.1 Marque con una X a qué categoría Ud. pertenece:

(a) Estudiante ___ (b) Profesor ___ (c) Especialista ___

1.2) En caso de poseer, indicar grado científico:

(a) Doctor/a ___ (b) Máster ___ (c) Ninguna ___

1.3) En caso de poseer, indicar categoría docente:

(a) Profesor Titular ___ (b) Profesor Auxiliar ___ (c) Asistente ___ (d) Instructor ___ (e) Ninguna ___

1.4) Versión de la plataforma que está visualizando:

(a) ZERA 1 ___ (b) ZERA 1.2.1 ___

II) Datos del dispositivo y el medio por el cual se conecta:

2.1) Seleccione desde qué tipo de dispositivo se conecta:

a) PC de escritorio ___ b) Laptop ___ c) Tablet ___ d) Teléfono celular ___

2.2) Indique la resolución de la pantalla. Le ofrecemos las resoluciones más comunes pero Ud. puede adicionar otra si no está dentro de las que se ofrecen:

___ 1366x768 ___1280x800 ___1200 x 1920 ___1024x768 ___768 x 1024 ___600 x 1024 ___768 x

1024 ___800x600 ___320x480 ___780x1024 ___720 x 1280 ___540 x 960 ___480 x 800

Indicar el valor en caso de no coincidir con los anteriores: -----

2.3) Especificar el medio por el cual se conecta:

a) Wifi___ b) Red cableada___

Una vez que Ud se conecte a la plataforma ZERA y navegue por sus funcionalidades, por favor responder según su apreciación los siguientes criterios. Tener en cuenta que mientras más cercano a 3 esté su valoración es porque considera correcta la solución. En el caso del 0 es porque es imparcial su respuesta.

III) Adaptación de los contenidos a la pantalla

Nota: en este caso se considera contenido todo lo presente en la plataforma no solo los contenidos con fines educativos.

No	Adjetivo	3	2	1	0	-1	-2	-3	Antónimo
1	Adaptable								No adaptable
2	Escalable								No escalable
3	Legible								Ilegible
4	Funcional								No funcional
5	Fácil la entrada de datos								Difícil la entrada de datos
6	Imágenes flexibles								No flexible las imágenes
7	Videos flexibles								No flexible los videos
8	No se superponen los contenidos								Se superponen los contenidos

IV) La navegación por la plataforma ZERA

No	Adjetivo	3	2	1	0	-1	-2	-3	Antónimo
1	Fácil								Difícil
2	Funcional								No funcional
3	Las acciones son claras								No se comprenden las acciones
4	Botones adecuados a su dispositivo								No son adecuados los botones
5	Enlaces adecuados a su dispositivo								No son adecuados los enlaces
6	Menús adecuados a su dispositivo								No son adecuados los menús
7	Sitio operable								Sitio no operable

V) Distribución de los contenidos

No	Adjetivo	3	2	1	0	-1	-2	-3	Antónimo
1	Uniforme								Desigual
2	Legibles								Ilegible
3	Coherentes								Incongruente
4	No se superponen los contenidos								Se superponen los contenidos

Si considera puede Ud. expresar qué otro elemento puede ser medido en los tres aspectos anteriores:

3.8.1. Resultado de las encuestas

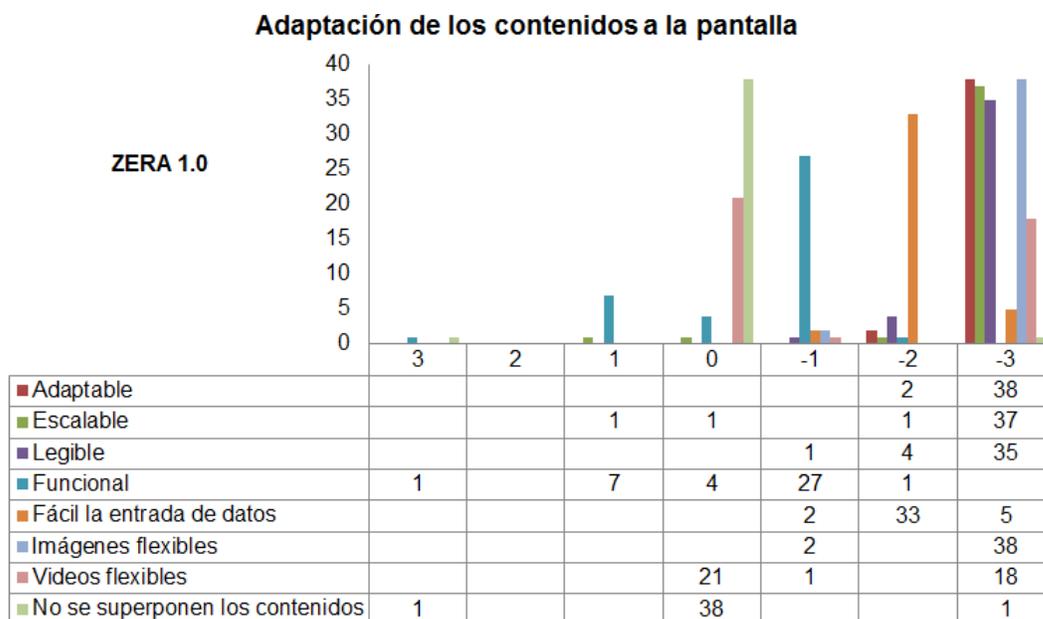


Figura 3.6

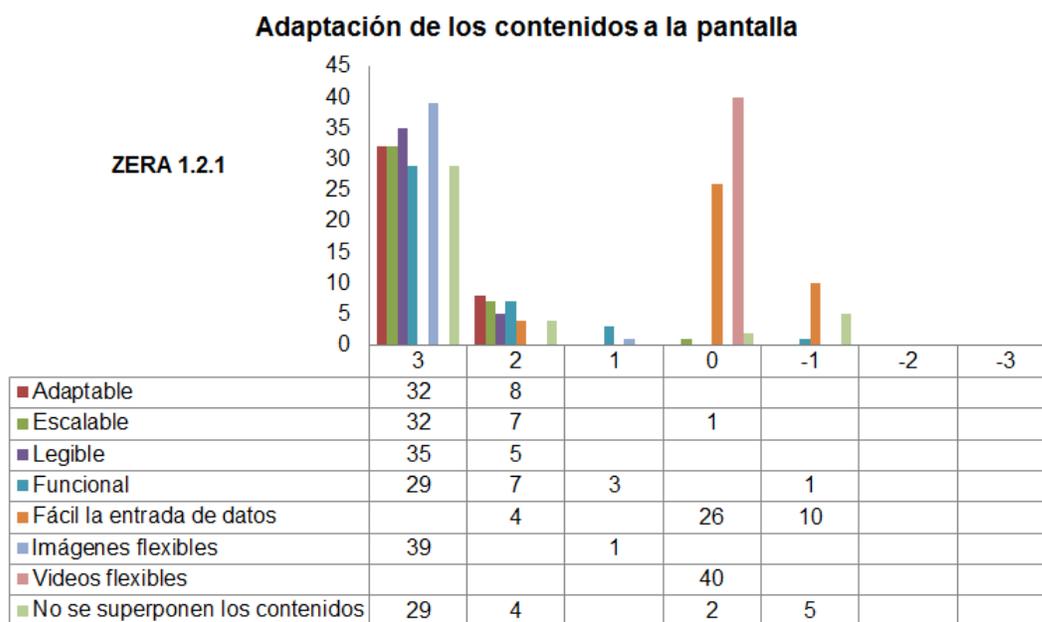


Figura 3.7

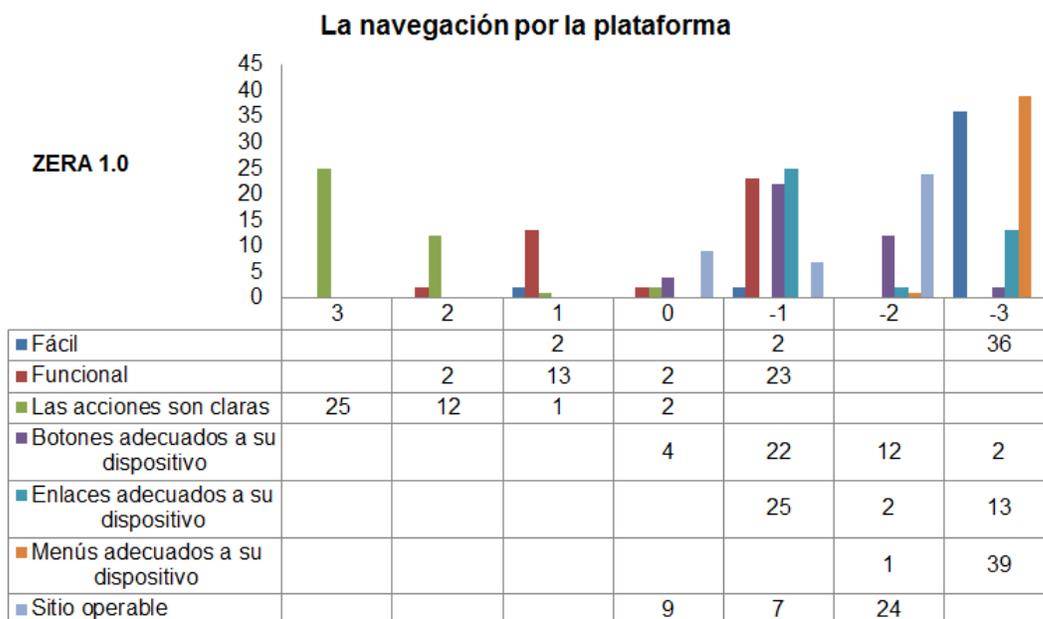


Figura 3.8

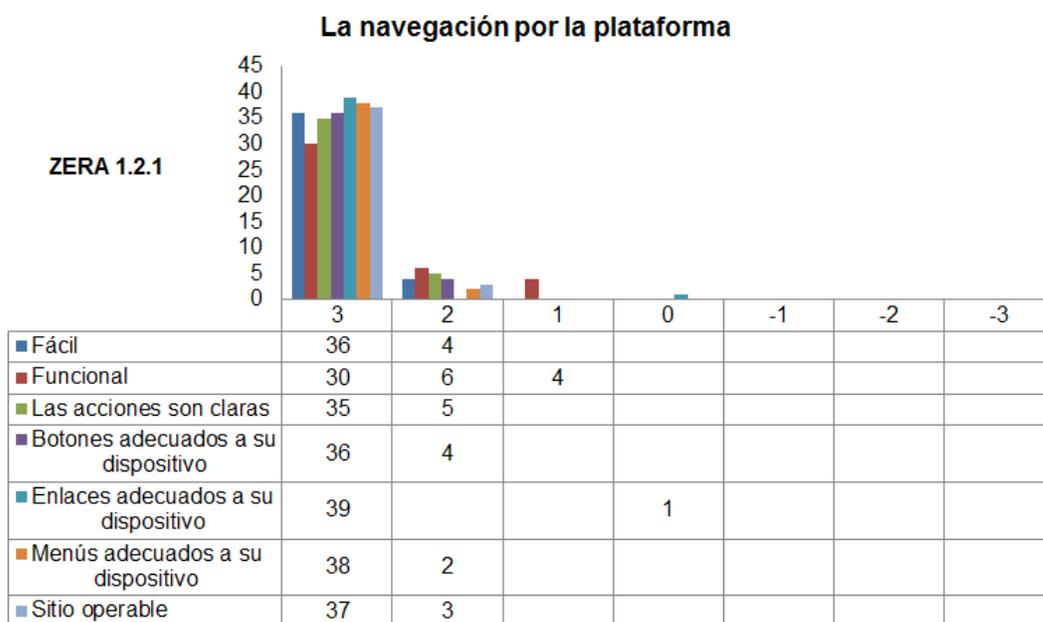


Figura 3.9

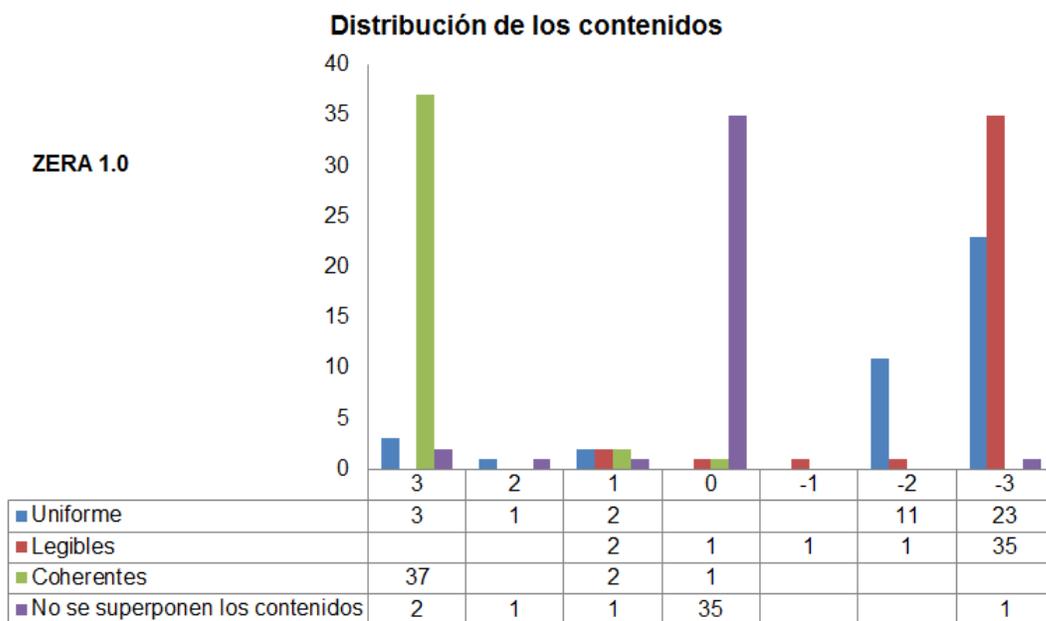


Figura 3.10

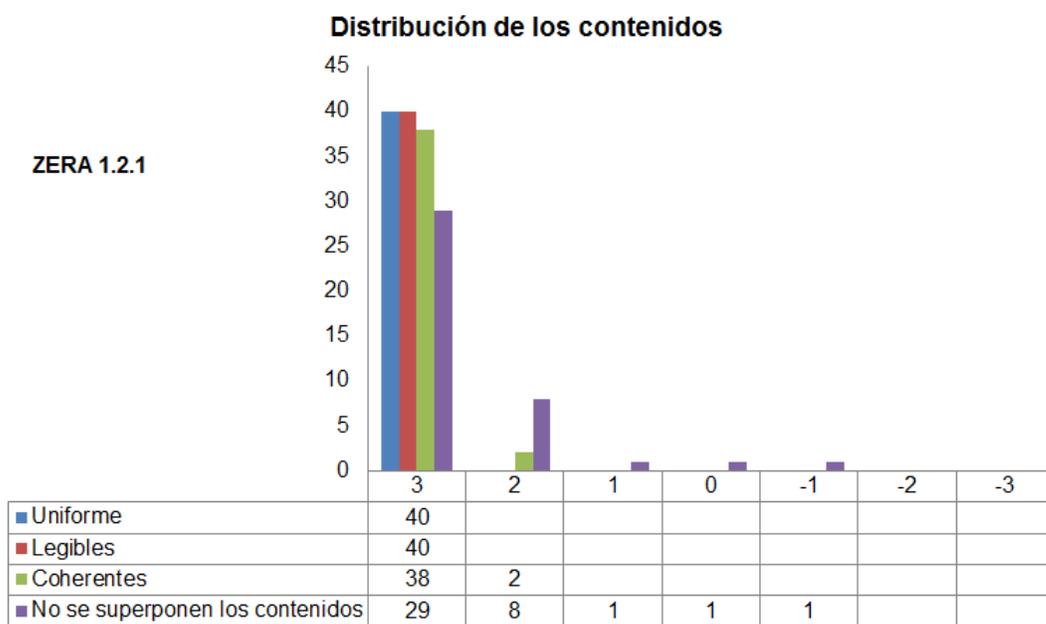


Figura 3.11

3.9. Grupo focal. Guía para su desarrollo

No de participantes: 7 especialistas con experiencia en el diseño de arquitecturas y con conocimientos del lenguaje Java o del desarrollo de aplicaciones para Android en la UCI. Dentro de los participantes están directores de centros, doctores con experiencia el desarrollo de software y especialistas con rol de programador.

Fecha: 11 de mayo del 2015

Lugar: Aula 208 del docente 5, facultad 4

Hora: 2:00 p.m

Apertura

- Describir lo que constituye un grupo focal
- Explicar el objetivo de la reunión
- Explicar procedimiento

Presentación de la herramienta

1. Objetivos

Objetivos de la Investigación

Desarrollar una solución informática integral que incorpore técnicas de diseño adaptativo, una aplicación nativa móvil y una capa de servicios para lograr que se visualicen los contenidos de la plataforma educativa ZERA y se ejecuten sus principales funcionalidades en los dispositivos móviles.

Objetivos del grupo focal

Comprobar que la arquitectura propuesta para la aplicación nativa XauceMovil v1.0 es extensible y tributa a la reutilización y mantenibilidad del código.

2. Lista de asistentes Grupo focal

Nombre del moderador: Ing. Arcel Labrada Batista

Nombre del observador: Ing. Irina Ivis Santiesteban

3. Participantes

Lista de asistentes al grupo focal

Dr. Oreste Febles Díaz director del centro CDAE y especialista en arquitecturas, así como en el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles

Dr. Enrique José Altuna especialista con experiencia en Java de más de 10 años, categoría docente de asistente

Msc. Leandro González Vallejo especialista con experiencia en Java de más de 6 años

Msc. Tomás Orlando Junco Vázquez, categoría docente de asistente, profesor del departamento de programación facultad 4

Msc. Marcel Puentes Rojas, categoría docente de asistente, jefe del departamento Aplicaciones del centro FORTES

Ing. Jorge Luis Piña, líder del proyecto ZERA y especialista con 15 años de experiencia, categoría docente de asistente

Ing. José González Catellano, líder de la línea de desarrollo de móviles del centro FORTES

Ing. Javier Bandomo Ruíz, categoría docente de instructor, experiencia en la realización de software basado en plugins

4. Guía de preguntas

Visualización de los contenidos de ZERA en dispositivos móviles

- ¿Consideran necesario desarrollar una aplicación nativa para dispositivos móviles que permita la visualización de los contenidos de los productos del centro FORTES?
- ¿Consideran que la estructura de la arquitectura diseñada permite la extensibilidad?
- ¿Los patrones de diseños utilizados permiten la reutilización del código y la mantenibilidad de este?

- ¿Qué consideran de los prototipos de interfaz de usuario desarrollados?
- ¿Qué recomendaciones consideran importante tener en cuenta sobre la arquitectura?