

Universidad de Granada

Departamento de Lenguajes y
Sistemas Informáticos

TESIS DOCTORAL

Sistemas de Mobile Learning
para Alumnado con
Necesidades Especiales

Autor

Álvaro Fernández López

Directoras

Dr. María José Rodríguez Fórtiz

Dr. María Luisa Rodríguez Almendros

Programa Oficial de Posgrado en
Desarrollo de Sistemas Software

2013



ugr

Universidad
de Granada

Editor: Editorial de la Universidad de Granada
Autor: Álvaro Fernández López
D.L.: GR 366-2014
ISBN: 978-84-9028-771-2

La memoria titulada "**SISTEMAS DE MOBILE LEARNING PARA ALUMNADO CON NECESIDADES ESPECIALES**", que presenta *D. Álvaro Fernández López* para optar al título de Doctor en Informática, ha sido realizada en el Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la Universidad de Granada, dentro del programa Oficial de Posgrado en Desarrollo de Sistemas Software, bajo la dirección de las doctoras *Dña. María José Rodríguez Fortiz* y *Dña. María Luisa Rodríguez Almendros*.

Granada, Junio de 2013

El doctorando



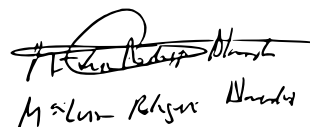
Álvaro Fernández López

Director/es de la Tesis



María José Rodríguez Fortiz

María José Rodríguez Förtiz



María Luisa Rodríguez Almendros

El doctorando Álvaro Fernández López y los directores de la tesis María José Rodríguez Fórtiz y María Luisa Rodríguez Almendros, garantizamos, al firmar esta tesis doctoral, que el trabajo ha sido realizado por el doctorando bajo la dirección de los directores de la tesis y hasta donde nuestro conocimiento alcanza, en la realización del trabajo, se han respetado los derechos de otros autores a ser citados, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

Granada, 11 de Junio de 2013

Director/es de la Tesis


Doctorando

Fdo.:


María José Rodríguez Fórtiz

Fdo.:




María Luisa Rodríguez Almendros

ES PROPIEDAD DEL AUTOR

Derechos reservados. La traducción, la adaptación, el robo y el plagio se perseguirán a tiros sobre motocicleta blindada, único procedimiento eficaz ya en el mundo.

That is the question,

by Enrique Jardiel Poncela,

1932

Contenido

Presentación y Objetivos 1

Introducción 1

Objetivos 4

Estructura de la tesis 6

Agradecimientos 8

Referencias del capítulo 8

Capítulo 1 [La enseñanza en Educación Especial](#) 9

1.1 Introducción 9

1.2 Necesidades educativas especiales 10

1.3 Diversidad funcional 11

1.3.1 Tipos de diversidad funcional 12

1.4 Datos estadísticos 15

1.5 Trastornos en alumnos con NEE 18

1.5.1 Disfasia 19

1.5.2 Síndrome de Down 19

1.5.3 Parálisis Cerebral Infantil (PCI) 20

1.5.4 TEA y Trastornos Generalizados del Desarrollo 21

1.6 Estrategias y procedimientos en Educación Especial 23

1.6.1 La enseñanza de la comunicación y el lenguaje 24

1.6.2 La educación cognitiva 26

1.6.3 El manejo de problemas de conducta 28

1.6.4 La enseñanza de habilidades sociales 28

1.7 Teorías del aprendizaje y paradigmas educativos 30

- 1.7.1 Teoría del constructivismo social 30
- 1.7.2 Teoría del aprendizaje situado 30
- 1.7.3 Teoría de la actividad 30
- 1.7.4 Aprendizaje cooperativo 32
- 1.7.5 Aprendizaje móvil o *Mobile learning* 34
- 1.7.6 Aprendizaje individualizado y adaptado 35

1.8 Conclusiones 37

Referencias del capítulo 39

Capítulo 2 **TIC y Educación Especial 45**

2.1 Introducción 45

2.2 Tecnologías de apoyo en Educación Especial 47

2.2.1 El Sistema Sc@ut 49

2.2.2 XTEC 56

2.2.3 Grace 59

2.2.4 Proloquo2Go 60

2.2.5 Tobii Sono Flex 62

2.2.6 Emintza 63

2.2.7 Proyecto Azahar 65

2.3 Tecnologías en Educación 66

2.3.1 Juguetes y juegos educativos 66

2.3.2 Aplicaciones de creación de contenidos 68

2.3.3 Aprendizaje cooperativo soportado por ordenador 72

2.3.4 Apps móviles 73

2.4 Necesidad de nuevas propuestas para Educación Especial 77

2.5 Conclusiones 79

Referencias del capítulo 81

Capítulo 3 Requisitos y enfoque metodológico 83

- 3.1 Introducción 83
 - 3.2 Características y retos del desarrollo móvil 86
 - 3.2.1 Diferencias a nivel de recursos 86
 - 3.2.2 Fragmentación 86
 - 3.2.3 Recursos humanos 87
 - 3.2.4 Gestión del ciclo de vida de la aplicación 87
 - 3.2.5 Estrategias de desarrollo 88
 - 3.2.6 Guías de estilo 89
 - 3.3 Usabilidad 90
 - 3.3.1 Interfaz de usuario y usabilidad 91
 - 3.3.2 Diseño centrado en el usuario 91
 - 3.4 Diseño universal y accesibilidad 92
 - 3.4.1 Diseño universal 92
 - 3.4.2 Accesibilidad 94
 - 3.5 Adaptación 98
 - 3.6 Metodologías 101
 - 3.6.1 Modelos de desarrollo de software 102
 - 3.6.2 Metodologías ágiles 107
 - 3.6.3 Desarrollo de software dirigido por modelos: MDA 111
 - 3.7 Conclusiones 115
- Referencias del capítulo 117

Capítulo 4 Desarrollo de software para dispositivos móviles 123

- 4.1 Introducción 123
- 4.2 Plataformas y tecnologías móviles 123
 - 4.2.1 Plataformas 129

- 4.3 Características y retos del desarrollo móvil 133
 - 4.3.1 Diferencias a nivel de recursos 133
 - 4.3.2 Fragmentación 133
 - 4.3.3 Recursos humanos 134
 - 4.3.4 Gestión del ciclo de vida de la aplicación 134
 - 4.3.5 Estrategias de desarrollo 135
 - 4.3.6 Guías de estilo 136
- 4.4 Elección de la plataforma móvil 137
- 4.5 Plataforma iOS de Apple 144
 - 4.5.1 Hardware 147
 - 4.5.2 SDK (Software Development Kit) 150
 - 4.5.3 App Store 151
 - 4.5.4 Accesibilidad 152
- 4.6 Desarrollo de aplicaciones para iOS 154
 - 4.6.1 Estilo de las aplicaciones 157
 - 4.6.2 El lenguaje Objective-C 159
 - 4.6.3 Tecnologías en iOS 163
 - 4.6.4 Herramientas de desarrollo 165
 - 4.6.5 Entorno de ejecución de una aplicación 169
 - 4.6.6 Sandbox y bundle de la aplicación 172
- 4.7 Programación iOS con tecnologías multiplataforma 172
- 4.8 Dispositivos iOS para educación 174
- 4.9 Conclusiones 176
- Referencias del capítulo 177

Capítulo 5 *Diseño de sistemas de mobile learning* 179

- 5.1 Introducción 179
- 5.2 Propuesta de caracterización del sistema y metodología de desarrollo 180
 - 5.2.1 Caracterización del sistema 180

- 5.2.2 Metodología de desarrollo 182
- 5.3 Diseño de la aplicación de *mobile learning* 187
 - 5.3.1 Equipos de trabajo 188
 - 5.3.2 CIM: modelo independiente de la computación 189
 - 5.3.3 PIM: modelo independiente de la plataforma 193
 - 5.3.4 PSM: modelo específico de la plataforma 199
 - 5.3.5 Implementación 203
- 5.4 Conclusiones 209
- Referencias del capítulo 210

Capítulo 6 [Plataforma Picaa](#) 211

- 6.1 Introducción 211
- 6.2 Descripción de la plataforma 212
 - 6.2.1 Tipos de actividades 214
 - 6.2.2 Diseño y adaptación de las actividades 215
 - 6.2.3 Uso personalizado 218
 - 6.2.4 Otras funciones 219
- 6.3 Actividades y opciones de personalización 222
 - 6.3.1 Tipo *exploración* 222
 - 6.3.2 Tipo *asociación* 223
 - 6.3.3 Tipo *puzzle* 224
 - 6.3.4 Tipo *ordenación* 224
 - 6.3.5 Tipo *memoria* 225
- 6.4 Trabajo cooperativo con *Picaa* 226
 - 6.4.1 *Picaa* como sistema colaborativo 227
 - 6.4.2 Comunicación y coordinación 228
 - 6.4.3 Conciencia de grupo 230
- 6.5 Distribución en el App Store 234

6.6 Conclusiones 236

Referencias del capítulo 237

Capítulo 7 [Uso de la Plataforma 239](#)

7.1 Propósito 239

7.2 Estudio. Método de la investigación 240

7.2.1 Diseño de la investigación 240

7.2.2 Participantes 243

7.2.3 Materiales 245

7.2.4 Instrumentos 245

7.2.5 Procedimiento 247

7.3 Resultados 249

7.3.1 Análisis descriptivo 249

7.3.2 Evaluación de las competencias 251

7.3.3 Uso de las actividades 254

7.3.4 Utilidad de la plataforma 255

7.4 Evaluación 257

7.5 Uso independiente del estudio 258

7.6 Conclusiones 259

Referencias del capítulo 260

Capítulo 8 [Conclusiones 263](#)

8.1 Introducción 263

8.2 Problemática 263

8.3 Propuesta y objetivos 264

8.3.1 Grado de consecución de objetivos 264

8.4 Resultados 268

8.5 Trabajo futuro 269

8.5.1 Nuevas actividades 272

-

8.5.2 Sistema de evaluación 272

8.5.3 Integración con sistemas de *Cloud computing* 273

Apéndice I: Publicaciones científicas

Apéndice II: Premios y reconocimientos

Presentación y Objetivos

Introducción

Actualmente nos encontramos inmersos en una sociedad basada en la información y el conocimiento, rodeados de tecnologías que constituyen la denominada *sociedad de la información*. A medida que este fenómeno ha ido en aumento se ha pasado de un concepto basado en su vertiente tecnológica a una interpretación cada vez más centrada en el usuario y en los contenidos que éste consume y genera. Así, este nuevo paradigma social, a la vez que iba tomando forma, implicaba profundos cambios en todo nuestro entorno: en nuestro tiempo de ocio, en los sistemas sanitarios, en el entorno de trabajo y, por supuesto, en los procesos educativos.

El uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el aula ha demostrado ser muy efectivo para ayudar al aprendizaje y crear nuevas estrategias de enseñanza [Marjanovic, 1999]. La verdadera oportunidad que ofrecen las TIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje se deriva de su potencialidad para atender las necesidades individuales del alumno¹, a través de la personalización y la interactividad, fomentando el aprendizaje exploratorio y colaborativo y, sobre todo, ofreciendo una metodología creativa y flexible más cercana a la diversidad y a las necesidades educativas reales de cada individuo [ISEA, 2009].

En particular, su aplicación en aulas de Educación Especial ha ido creciendo de forma relevante en los últimos años, en gran medida gracias al soporte multimedia que se ofrece

¹ A lo largo de la tesis se empleará alumno como neutro para designar alumno o alumna. De igual forma se usará profesor para

al alumno, logrando captar su atención y fomentando un aprendizaje significativo. En el caso de alumnos con necesidades educativas especiales — en adelante NEE —, el ritmo de trabajo de cada alumno, sus capacidades y necesidades educativas van a variar dependiendo de sus características y de su progreso, lo que hace necesario llevar a cabo una enseñanza individualizada y adaptada. Por otra parte, los alumnos con NEE suelen tener dificultades a la hora de relacionarse e integrarse en su entorno, por lo que es importante hallar estrategias o mecanismos que les permitan realizar actividades y hacer uso del material didáctico en grupo, de forma que trabajen juntos en una tarea común, compartan información y se apoyen mutuamente.

De este modo, la meta a alcanzar debe ser que el alumno pueda recibir una enseñanza personalizada, adaptada a sus intereses y necesidades, sin dejar de lado el desarrollo de habilidades sociales. Esto fomentará el proceso de crecimiento personal, desarrollando el potencial de cada individuo para aprender por sí mismo o con otros en diferentes situaciones.

En este sentido, las TIC pueden ayudar a llevar a cabo adaptaciones curriculares con ese doble propósito. En los últimos años se ha puesto de manifiesto a través de múltiples experiencias que el uso de tecnologías para aprendizaje puede incrementar la motivación del alumno, reforzar su atención y mejorar el entrenamiento de habilidades o conceptos que le permitan superar las dificultades en el aprendizaje. Además de las ventajas que conlleva, si lo aplicamos al campo de la Educación Especial, éstas se multiplican tanto para los educadores como para los alumnos. De este modo, la investigación e innovación en tecnologías de apoyo para el ámbito de la Educación Especial no sólo es muy interesante, sino necesaria.

Sin embargo, la experiencia nos demuestra que el proceso de desarrollo de tecnologías de apoyo o asistenciales — del inglés *assistive technologies* — suele convertirse en un camino difícil que implica enfrentarse a un entorno complejo, principalmente debido a la amplia diversidad existente en el alumnado. Los medios tecnológicos que se puedan usar con los alumnos dependerán en gran medida del tipo de necesidad o dificultad que se presente, como pueden ser deficiencias visuales, auditivas, motóricas, cognitivas, etc.

-

Además, no existe una metodología de enseñanza claramente definida sino que en muchos casos se suelen llevar a cabo aproximaciones *ad-hoc*, esto es, soluciones particularmente elaboradas para cada individuo.

Para afrontar el desarrollo de este tipo de tecnologías con éxito, conceptos como la usabilidad, la accesibilidad o el diseño centrado en el usuario deberán estar presentes en el proceso de I+D. Además, será necesario partir de un análisis profundo del contexto donde se desarrolla el trabajo [Hackos, 1998], evaluando las características de los usuarios, las actividades que realizan y los escenarios donde se desempeñan su actividades. Todos estos factores permitirán conocer los requisitos, tanto funcionales como no funcionales, que se deben satisfacer en el diseño de sistemas de apoyo y permitirán definir un proceso generalizador de adaptación que haga el acceso a las aplicaciones lo más global posible, para que todo el alumnado tenga las mismas oportunidades de aprendizaje.

Por otra parte, dentro del amplio abanico que ofrecen las tecnologías actuales, los dispositivos móviles se han convertido en una interesante alternativa para dar soporte al aprendizaje [Bertini, 2003], principalmente porque facilitan y estimulan la realización de actividades en cualquier lugar, implicando en la educación a profesionales y familiares y sirviendo de nexo entre ambos.

De la aplicación de tecnologías móviles en el aula nace un nuevo paradigma educativo: el *Mobile learning* o Aprendizaje móvil [ISEA, 2009]. Se trata de un nuevo enfoque de aprendizaje basado en el uso de dispositivos móviles inteligentes o *smart devices* (PDA, *smartphones*, iPods, consolas, tabletas, etc.) y su principal característica es la ubicuidad, fomentando un aprendizaje contextualizado, en el lugar y momento que se precisa y pudiendo acceder a información o materiales multimedia que se necesiten a través de Internet [Harris, 2001]. El *Mobile learning* puede entenderse como un nuevo modelo tecnológico-pedagógico que apunta a una nueva dimensión en los procesos de educación, al poder atender necesidades urgentes de aprendizaje, desarrollarse en

escenarios que requieran la movilidad, posibilitar gran interactividad en estos procesos y facilitar la posibilidad de implementar innovadores modos de dar clase y aprender.

Objetivos

Esta tesis abordará el diseño de sistemas interactivos que permitan la creación y personalización de actividades didácticas que sirvan de apoyo para el aprendizaje de personas con NEE.

Cuando hablamos de **TIC aplicadas a los alumnos con NEE** hay que tener en cuenta tanto los sistemas que puedan ser de ayuda y beneficiosos para este tipo de alumnos, como aquellos que puedan facilitar el trabajo a los propios educadores que trabajan con dichos alumnos. Por tanto, será necesario proponer un diseño centrado en estos grupos principales de usuarios, de forma que los sistemas resultantes cubran las necesidades de: 1) los alumnos que emplearán las actividades en su día a día; y 2) los educadores y profesionales que se encuentran a cargo de estos alumnos, que deberán crear y configurar tales actividades.

Los sistemas a diseñar estarán **basados en plataformas móviles**, intentando reenfocar el desarrollo de actividades sobre dispositivos móviles inicialmente sólo dedicados al ocio y que resulten más atractivos al alumno. La movilidad permitirá que el dispositivo con sus actividades pueda ser utilizado en el aula, en el hogar y en centros de apoyo, de tal forma que se facilite la participación y colaboración de todos los implicados en la educación del alumno.

Tales sistemas deberán tener la **capacidad para la conectividad entre dispositivos y aplicaciones, permitiendo realizar actividades en grupo**, fomentando la integración, desarrollando competencias de trabajo en equipo y potenciando la interacción de forma que los alumnos se ayuden y apoyen.

También deben permitir **la adaptación al usuario y la personalización de las actividades**. Para ello será necesario identificar qué tipo de usuario va a emplear la

plataforma y cuáles son sus necesidades a la hora de aprender e interactuar con el entorno.

Para conseguir estos resultados, se deberán cubrir los siguientes objetivos específicos:

- Conocer las técnicas y metodologías de aprendizaje empleadas con alumnos con NEE.
- Estudiar las posibilidades que las tecnologías brindan en este campo y analizar varias de las herramientas educativas existentes, observando sus contenidos, los recursos utilizados y las actividades que proponen.
- Analizar las técnicas de accesibilidad para sistemas interactivos que puedan incorporarse al sistema para mejorar la interacción con el alumno. Se deberá realizar un estudio acerca de cómo adaptar el diseño de una aplicación para usuarios con NEE.
- Analizar las técnicas de usabilidad existentes con el fin de optimizar la interacción de alumnos y educadores con el sistema.
- Investigar qué tipos de actividades didácticas serán las más óptimas para los usuarios a los que van destinadas, así como identificar tanto las características comunes de adaptación como los parámetros de configuración y personalización.
- Realizar un estudio sobre las técnicas de aprendizaje colaborativo, su viabilidad en el ámbito de la Educación Especial y sus posibles beneficios.
- Estudiar las tecnologías y paradigmas de comunicación existentes para dotar a las aplicaciones del soporte necesario para que se puedan emplear en grupo.
- Estudiar las posibilidades tecnológicas a nivel de dispositivos móviles con el fin de seleccionar los más óptimos para la desarrollo del sistema. Se hará especial énfasis en los sistemas táctiles, analizando la familia de dispositivos iOS de Apple, los sistemas Android y los *smartphones* basados en Windows Phone.
- Diseñar una plataforma en la que se puedan crear sistemas de aprendizaje basados en actividades didácticas, individuales y en grupo.

- Implementar la plataforma siguiendo un proceso de desarrollo evolutivo e incorporando en el diseño a profesionales del ámbito de la Educación Especial.
- Probar el sistema en situaciones reales en centros de Educación Especial y/o aulas específicas de centros ordinarios y realizar un trabajo de campo que sirva para evaluar y refinar el diseño de la plataforma.

Estructura de la tesis

Este documento se divide principalmente en 3 partes que reflejan claramente la labor de investigación y desarrollo realizada:

Una primera sección dedicada a estudiar y analizar las necesidades y requerimientos existentes en las aulas de Educación Especial, evaluando las propuestas de sistemas de apoyo a la enseñanza existentes. Estará formada por los capítulos 1, 2 y 3.

Una segunda parte que se centrará en el estudio del aprendizaje móvil y de las tecnologías móviles de las que disponemos actualmente, analizando sus características y mostrando los mecanismos utilizados para poder llevar a cabo los desarrollos de software. Los capítulos 4 y 5 componen esta parte.

Finalmente, la tercera parte de este trabajo expondrá la propuesta de diseño de sistemas de aprendizaje móvil para alumnado con NEE, y describirá la plataforma educativa realizada, su diseño y sus posibilidades. También se incluirá un estudio con los resultados de aplicar dicha plataforma en entornos reales. Esta sección englobará a los capítulos restantes.

A continuación se describen brevemente cada uno de los capítulos que componen esta memoria:

- En el Capítulo 1 se hará un acercamiento a la Educación Especial y sus alumnos, identificando sus necesidades y estudiando las distintas aproximaciones teóricas existentes para mejorar su calidad educativa y, en definitiva, de vida.

- En el Capítulo 2 se analizarán las posibilidades que ofrecen las TIC en el campo educativo y particularmente en la Educación Especial. Además, se realizará un análisis de aplicaciones educativas existentes, reflejando la necesidad de nuevas alternativas.
- Dentro del Capítulo 3, enfocado al diseño de software, se estudiará qué características deben tenerse en cuenta dados los usuarios con los que se va a trabajar, analizando técnicas de usabilidad, accesibilidad y adaptación al usuario. También se expondrán las aproximaciones metodológicas más adecuadas para llevar a cabo un proceso desarrollo de software para personas con necesidades especiales.
- En el Capítulo 4 se estudiarán las posibilidades tecnológicas que ofrece el mercado de los dispositivos móviles, identificando las características más interesantes para la investigación realizada y seleccionando el sistema más óptimo. Se llevará a cabo el análisis del sistema elegido y se describirán aspectos de importancia relativos al desarrollo de software para el mismo.
- En el Capítulo 5 se analizará el marco conceptual base de la investigación y se llevará a cabo la caracterización que los sistemas de apoyo al aprendizaje móvil deben tener para aplicarse en Educación Especial. A continuación se presentará la propuesta de plataforma de apoyo a la educación de esta tesis y se mostrarán los pasos seguidos para su diseño.
- En el Capítulo 6 se describirá la funcionalidad de la plataforma, las posibilidades de personalización de actividades por parte del educador, la adaptación al usuario proporcionada y los tipos de actividades educativas desarrollados. También se analizarán las posibilidades para el aprendizaje en grupo que ofrece la plataforma.
- El Capítulo 7 mostrará la metodología seguida para aplicar la plataforma desarrollada en diversos centros educativos españoles. Se mostrarán los resultados un estudio controlado de uso, así como las conclusiones obtenidas tras la experiencia.

- Finalmente, las conclusiones globales del proyecto así como el trabajo futuro serán descritos en el Capítulo 8.

Además de los apartados anteriores, al final de esta memoria se incluye un apéndice enumerando los artículos de investigación relativos a este trabajo publicados en revistas, congresos nacionales e internacionales.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio de Ciencia e Innovación, a través del proyecto de Investigación y Desarrollo TIN2008-05995/TSI.

Referencias del capítulo

- [Bertini, 2003] Bertini, E, S. Kimani, S.: *Mobile Devices: Opportunities for users with special needs*. Mobile HCI, 2003. In L. Chittaro Ed. LNCS 2795. pp: 486-491. Springer Verlag, 2003.
- [Hackos, 1998] Hackos J., Redish J. *User and task analysis for interface design*. John Wiley Publishing, 1998.
- [Harris, 2001] Harris, P. *Going mobile*. Learning Circuits, ASTD Online Magazine, July 2001, <http://www.learningcircuits.org/2001/jul2001/harris.html>
- [ISEA, 2009] ISEA, Análisis prospectivo de las potencialidades asociadas al Mobile Learning, 2009.
- [Marjanovic, 1999] Marjanovic, O.: *Learning and teaching in a synchronous collaborative environment*. Journal of Computer Assisted Learning. Vol 15, pp: 129-138. Blackwell Science Ltd, 1999.

La enseñanza en Educación Especial

1.1 Introducción

Hoy día se ha pasado de concebir la Educación Especial como una modalidad educativa independiente y separada del sistema educativo ordinario, a considerarla como una parte integrante del mismo. La Educación Especial se define y distingue por los recursos materiales y humanos de que dispone el sistema educativo para dar una respuesta adecuada a la diversidad del alumnado, en función de sus necesidades educativas [Cabero, 2000].

El concepto de NEE aparece por primera vez en el Informe Warnock (1978)², informe que inspiraría la Ley de Educación de 1981 en Gran Bretaña. Dicho informe recoge como necesidad educativa aquella que requiere [MEC, 1992]:

- La dotación de medios especiales de acceso al currículo mediante un equipamiento, unas instalaciones o unos recursos especiales, la modificación del medio físico o unas técnicas de enseñanza especializada.
- La dotación de un currículo especial modificado.
- Una particular atención a la estructura social y al clima emocional en los que tiene lugar la educación.

Este capítulo profundizará en el concepto de NEE, describiendo la diversidad de necesidades específicas que pueden tener los alumnos en función de sus características. Se

² Informe Warnock (1978) sobre educación especial. London: HMSO (report by the Committee of Enquiry into the Education of Handicapped Children and Young People)

mostrarán los tipos de trastornos más habituales en alumnos con dificultades específicas en el aprendizaje y se contextualizará este hecho a través de datos estadísticos. A continuación se describirán los principales enfoques teóricos y metodológicos aplicados a nivel pedagógico para afrontar esta realidad. Por último, en las conclusiones del capítulo se tomará toda esta base teórica propia del ámbito de las Ciencias de la Educación como punto de partida para conocer la problemática real y poder afrontar el proceso de investigación y diseño desde el punto de vista de la Ingeniería del Software.

1.2 Necesidades educativas especiales

El concepto de NEE nace como resultado del cambio de perspectiva producido en la consideración de la educación especial y del tratamiento a la diversidad a nivel educativo. Dicho concepto tiene unas importantes implicaciones tanto en la teoría como en la práctica educativa [MEC, 1992]:

- Se considera que un alumno presenta NEE cuando tiene alguna dificultad en el aprendizaje que requiera una medida educativa especial.
- El concepto de dificultad de aprendizaje es relativo; se da cuando un alumno tiene una dificultad para aprender significativamente mayor que la mayoría de los niños de su misma edad, o si sufre una incapacidad que le impide o dificulta el uso de las instalaciones educativas que generalmente tienen a su disposición los compañeros de su misma edad.
- En cuanto a la medida especial, también es un concepto relativo y se define como una ayuda educativa adicional o diferente respecto de las tomadas en general para los alumnos que asisten a las escuelas ordinarias.

El Libro Blanco para la Reforma del Sistema Educativo publicado por el MEC en 1989 [MEC, 1989], en su capítulo X introdujo en su momento el concepto:

Partiendo de la premisa de que todos los alumnos precisan a lo largo de su escolaridad diversas ayudas pedagógicas de tipo personal, técnico o material,

con el objeto de asegurar el logro de los fines generales de la educación, las necesidades educativas especiales se predicen de aquellos alumnos que, además y de forma complementaria, puedan precisar otro tipo de ayudas menos usuales. Decir que un determinado alumno presenta NEE es una forma de decir que para el logro de los fines de la educación precisa disponer de determinadas ayudas pedagógicas o servicios. De esta manera, una necesidad educativa se describe en término de aquello que es esencial para la consecución de los objetivos de la educación.

Algunos autores sostienen que un alumno presenta NEE, cuando "se le aprecian dificultades de aprendizaje, que hacen necesario disponer de recursos educativos especiales para atender a tales necesidades" [Cabero, 2000]; por otra parte [García, 1995], incluye en el concepto de necesidades educativas especiales dos dimensiones: "[...] la dimensión interactiva (la necesidad se define en relación con el contexto donde se produce) y la dimensión de relatividad (la necesidad hace referencia a un espacio determinado y a un tiempo determinado, no es ni universal ni permanente)".

La Ley Orgánica 2/2006 de Educación (LOE) abandona el modelo de "integración" escolar a favor de un modelo de "inclusión", en el que ya no se trata de que el alumno se ajuste al sistema educativo en el que se le pretende integrar, sino de **ajustar el propio sistema educativo a la diversidad de su alumnado**.

1.3 Diversidad funcional

De lo dicho anteriormente se desprende que una NEE puede estar asociada a situaciones personales que dificulten el movimiento, el intelecto y los sentidos, es decir, nos encontramos con necesidades educativas especiales asociadas a problemas motóricos, psíquicos y sensoriales. El concepto de NEE engloba a aquellos alumnos que tradicionalmente han sido considerados como deficientes, discapacitados y minusválidos. Términos actualmente en desuso que fueron definidos por la Organización Mundial de la

Salud en su Clasificación Internacional de Deficiencias, Discapacidades y Minusvalía en los siguientes términos: Deficiencia: "es toda pérdida o anormalidad de una estructura o función psicológica, fisiológica o anatómica"; Discapacidad: "es toda restricción o ausencia (causada por una deficiencia) de la capacidad de realizar una actividad en la forma o dentro del margen que se considera normal para un ser humano"; y Minusvalía: "es una situación desventajosa para un individuo determinado, consecuencia de una deficiencia o de una discapacidad, que limita o impide el desempeño de un "rol" que es normal en su caso (en función de su edad, sexo y factores sociales)." [Fdez-Villalta, 1988].

De este modo, por un lado tendríamos el concepto de "necesidades educativas especiales" que acabamos de describir, mientras que por otro estaría el concepto de **diversidad funcional** que provoca tales necesidades especiales.

El término "diversidad funcional" se propone como una alternativa a los tradicionales términos de deficiencia o discapacidad, basándose en que ninguno de los términos actualmente usados es positivo, ni neutro. La diversidad funcional no tiene nada que ver con la enfermedad, la deficiencia, la parálisis, el retraso, etc. Toda esta terminología viene derivada de una visión médica tradicional en la que se presenta a la persona diferente como una persona biológicamente imperfecta que hay que rehabilitar y "arreglar" para restaurar unos teóricos patrones de perfección y "normalidad" que nunca han existido.

El término "diversidad funcional" se ajusta a una realidad en la que una persona funciona de manera diferente o diversa de la mayoría de la sociedad.

1.3.1 Tipos de diversidad funcional

A continuación describiremos brevemente los diferentes tipos de diversidad funcional existentes y sus posibles variantes. Cada uno de estos tipos requiere adaptaciones de índole diferente tal y como veremos en el Capítulo 3.

Diversidad funcional auditiva

La diversidad funcional auditiva se caracteriza principalmente por la pérdida de audición, aunque ésta no tiene por qué ser siempre completa, pudiéndose hallar en distintos grados:

- En los grados más leves puede ser complicado seguir una conversación, sobre todo en lugares ruidosos.
- En grados intermedios es necesaria algún tipo de ayuda auditiva, como un audífono.
- Y en los más graves, además de un posible uso de alguna ayuda auditiva, es necesario leer los labios o usar el lenguaje de signos.

Diversidad funcional cognitiva

Algunos de los tipos más importantes que se pueden clasificar dentro de la diversidad funcional cognitiva son:

- **Pérdida de memoria.** No poder retener información puede causar problemas en ciertos casos a la hora de recordar largas y complicadas secuencias de datos.
- **Déficit de atención.** El déficit de atención se puede definir como la ausencia, carencia o insuficiencia de las actividades de orientación, selección y mantenimiento de la atención, así como la deficiencia del control y de su participación con otros procesos psicológicos, con sus consecuencias específicas.
- **Dislexia.** La dislexia es una diversidad funcional de aprendizaje específica relacionada con el lenguaje, que afecta la forma en que la persona ordena y combina los sonidos en palabras con sentido. Es un tipo específico de trastorno de la lectura y quienes la sufren tienen dificultades para reconocer, pronunciar, deletrear y escribir palabras. Las personas con dislexia suelen confundir letras parecidas (la "b" con la "d"), leer palabras al revés por error, o modificar el orden original de las palabras en una frase.

- **Trastornos generalizados del desarrollo.** Dentro de los trastornos generalizados del desarrollo se encuentran varios subgrupos parecidos como, por ejemplo, el Trastorno de Espectro Autista (TEA). Las personas con este tipo de trastornos suelen tener problemas para la interacción social, la comunicación social y la integración sensorial (integrar estímulos de diversas fuentes, como auditiva, visual, táctil...). En el apartado 1.5.4 se analizará en mayor profundidad este tipo de trastornos.

Diversidad funcional visual

Existen muchos tipos de deficiencias a nivel visual, siendo las más comunes las debidas a la ceguera, a una visión reducida y finalmente, la incapacidad para captar correctamente los colores, o falta de visión completa:

- **Ceguera.** Imposibilidad de ver. Estos usuarios necesitan acceder a la información del sistema por medios no visuales.
- **Baja visión.** Muchas de las personas con diversidad funcional visual conservan algo de visión y pueden hacer uso de un ordenador con utilidades que magnifican partes de la pantalla o pueden ver cuando existe un alto contraste de imagen.
- **Ceguera de colores.** La ceguera de colores es la imposibilidad para diferenciar ciertos colores. No sólo existen los casos en los que se confunden el rojo y el verde, o el azul y el amarillo; hay muchas personas que estos colores los diferencian pero no puede diferenciar ciertos colores como, por ejemplo, algunos tonos de verdes oscuros de otros tonos de marrones oscuros o grises. También hay personas que sólo ven tonos de grises.

Diversidad funcional en la movilidad

En este grupo podrían estar personas que han sufrido un ictus, traumatismo cerebral o parálisis cerebral infantil. Dentro de la diversidad funcional en la movilidad se pueden encontrar tres características que dificultan la accesibilidad a los sistemas actuales:

- **Pérdida de movilidad o espasticidad.** Personas que han perdido la capacidad de movimiento de alguna de las partes de su cuerpo, ya sea una pérdida completa o no. Algunas personas también pueden presentar problemas de espasticidad, un trastorno motor del sistema nervioso en el que algunos músculos se mantienen permanentemente contraídos.
- **Movimientos repetidos.** Personas que tienen movimientos repetidos que no pueden controlar.
- **Pérdida de velocidad, fuerza o precisión.** Por diversos motivos, no poseen la fuerza o destreza para realizar ciertas acciones. Puede estar relacionada con hipotonía (disminución del tono muscular).

1.4 Datos estadísticos

Según varios estudios recopilados por *Naciones Unidas* en 2004 entre un 10% y un 20% de la población de cualquier país del mundo son personas con diversidad funcional [UN-DISTAT] [Mairena, 2009].

Otros estudios ponen el foco de atención en las necesidades específicas a nivel de aprendizaje (Ver Figura 1-1), indicando que más de la mitad de los alumnos con algún tipo de discapacidad tienen necesidades específicas en este nivel [Woodward, 1997] [USA-Disabilities].

En España contamos principalmente con los datos estadísticos elaborados por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en dos ocasiones: la Encuesta sobre Discapacidades, Deficiencias y Estado de Salud (EDDS) de 1999 y la Encuesta sobre Discapacidades, Autonomía personal y situaciones de Dependencia (EDAD) de 2008 [INESalud].

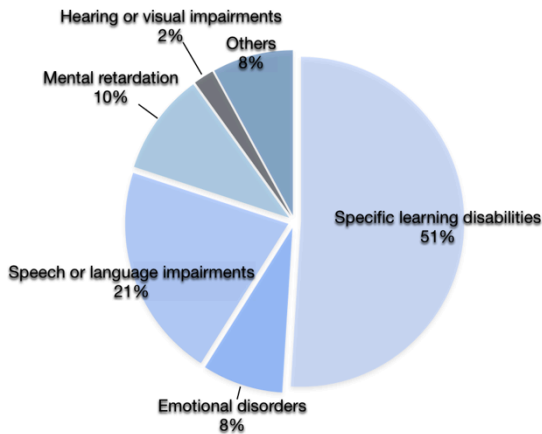


Figura 1-1 Porcentaje de alumnos (de 6 a 17 años) por necesidad especial en EE.UU.³.

Tomando como referencia la encuesta EDAD por ser la más reciente, Andalucía es una de las Comunidades Autónomas donde mayor peso tiene la diversidad funcional entre la población, tanto por número de habitantes como por tasas de discapacidad por mil habitantes, para los diferentes grupos de edad. Según la encuesta en Andalucía existe un total de 716.100 de personas con algún tipo de necesidad especial (suponiendo un peso del 18% sobre el total de personas con necesidades especiales en España y un 9,58% del total de la población andaluza).

En la Figura 1-2 podemos ver la distribución de personas con algún tipo de necesidad especial. A la vista de los datos que aparecen en la figura, puede observarse que la diversidad funcional sensorial (visión y audición) suman un total de 381.200 personas en Andalucía, dato destacable si se tiene en cuenta la representatividad del resto de grupos, donde sólo el grupo "Movilidad" la supera con 468.100 personas.

³ Fuente: Datos recogidos por el Departamento de Educación de EE.UU. a partir de una muestra de un total de 5,119,018 alumnos



Figura 1-2 EDAD-2008: Personas con necesidades especiales en Andalucía.

La encuesta EDAD-2008 analizaba de forma distinta los datos de mayores de 6 años (Figura 1-2) con los de menores de esa edad. En la Figura 1-3 podemos ver los resultados de la encuesta sobre niños de 0 a 5 años (en este caso no hay desglose por Comunidad Autónoma, perteneciendo los datos al total de la población española).

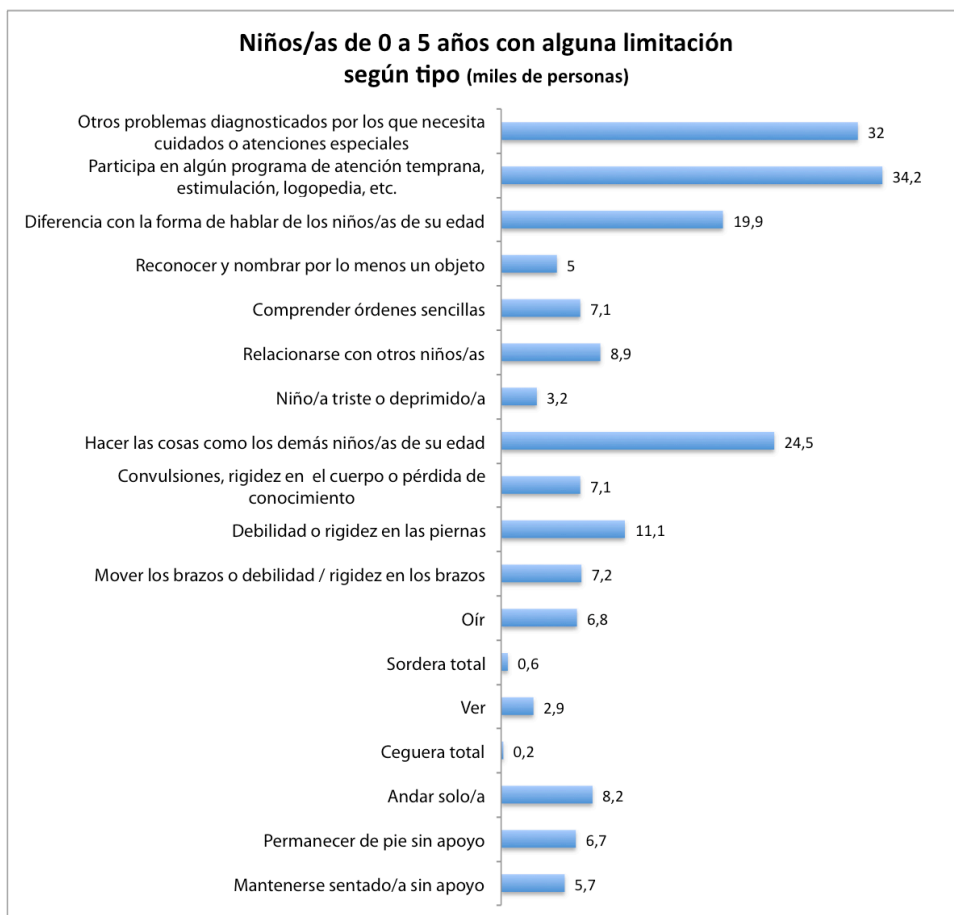


Figura 1-3 EDAD-2008: Niños/as de 0 a 5 con alguna limitación.

1.5 Trastornos en alumnos con NEE

Las necesidades específicas a nivel de aprendizaje en muchas ocasiones se encuentran asociadas a que los alumnos presentan dolencias o patologías tales como:

- Disfasia.
- Síndrome de Down.
- Parálisis Cerebral Infantil.
- Trastornos del Espectro Autista y otros Trastornos Generalizados del Desarrollo.

-

Con el fin de comprender mejor la naturaleza de estos problemas y justificar aún más si cabe la necesidad de desarrollar adaptaciones en función de la gran diversidad funcional que pueden presentar los alumnos vamos a describir cada uno de estos trastornos.

1.5.1 Disfasia

Las personas con disfasia presentan déficit en el lenguaje, tanto a nivel comprensivo como expresivo, sin que exista un trastorno generalizado del desarrollo, déficit intelectual, auditivo o un trastorno neurológico.

Este déficit en el lenguaje oral se caracteriza, además de por un retraso cronológico en la adquisición del lenguaje, por importantes dificultades específicas para la estructuración del mismo, produciéndose así conductas verbales anómalas que se traducen en una desviación respecto a los procesos normales de adquisición y desarrollo del lenguaje. No todas las disfasias son iguales porque puede afectar al nivel comprensivo y/o expresivo del lenguaje, o a diferentes rasgos o niveles, con cuadros diferenciales.

1.5.2 Síndrome de Down

El síndrome de Down es un trastorno genético causado por la presencia de una copia extra del cromosoma 21 (o una parte del mismo), en vez de los dos habituales (trisomía del par 21), caracterizado por la presencia de un grado variable de retraso mental y unos rasgos físicos peculiares que le dan un aspecto reconocible. Es la causa más frecuente de discapacidad psíquica congénita.

Las personas con Síndrome de Down tienen una probabilidad algo superior a la de la población general de padecer algunas patologías, especialmente de corazón, sistema digestivo y sistema endocrino, debido al exceso de proteínas sintetizadas por el cromosoma de más. Las terapias de estimulación precoz están suponiendo un cambio cualitativo positivo en sus expectativas vitales.

1.5.3 Parálisis Cerebral Infantil (PCI)

Durante el período madurativo del sistema nervioso central pueden presentarse determinadas influencias que provoquen daños en el mismo ya sea en las etapas en que el niño se está formando en el vientre de su madre, en el momento de nacer o después. Cuando esto ocurre específicamente en el cerebro, pueden aparecer trastornos motores, psíquicos, conductuales, auditivos, ópticos o del lenguaje, pudiendo llegar a constituirse en un grupo de síndromes que originan retardo en el desarrollo psicomotor entre los que se encuentra la parálisis cerebral.

La parálisis cerebral es la primera causa de invalidez en la infancia. El niño que padece de este trastorno presenta afectaciones motrices que le impiden un desarrollo normal. La psicomotricidad se encuentra afectada en gran medida, estando la relación entre razonamiento y movimiento dañada, y por ende el desarrollo de habilidades que se desprenden de esa relación. Múltiples factores la producen, el mayor porcentaje ocurre en el momento del nacimiento en que por distintos motivos puede ocurrir una hipoxia del cerebro, lesionando zonas del mismo. Esta lesión provoca diferentes incapacidades tales como trastornos de la postura y el movimiento, retraso mental, problemas visuales, auditivos y del lenguaje.

La mayoría de los casos tienen posibilidades de rehabilitación teniendo en cuenta la magnitud del daño cerebral, la edad del niño, el grado de retraso mental, ataques epilépticos y otros problemas que puedan estar asociados. El aspecto motor puede ser modificado de manera favorable si el tratamiento comienza en edades tempranas evitando retrasar aun más la adquisición y el aprendizaje de determinadas conductas motrices. Al ocurrir en una etapa en que el cerebro se encuentra en desarrollo va a interferir en la correcta maduración del sistema nervioso, pero al no haber una especificidad de funciones

y gracias a la neuroplasticidad⁴ va a permitir que áreas no lesionadas del cerebro suplan la función de aquellas zonas lesionadas y se establezcan vías suplementarias de transmisión. A pesar del progreso en prevenir y tratar ciertas causas de la parálisis cerebral, el número de niños y adultos afectados no ha cambiado o quizás haya aumentado algo durante los últimos 30 años. Esto es en parte debido a que más bebés críticamente prematuros y débiles sobreviven por las mejoras en el cuidado intensivo.

1.5.4 TEA y Trastornos Generalizados del Desarrollo

L. Kanner, en Estados Unidos y H. Asperger, en Austria, describieron en 1943 unos cuadros clínicos que hoy se incluyen en los denominados Trastornos del Espectro Autista (TEA). A lo largo de los años transcurridos desde entonces la comprensión y la clasificación de estos trastornos ha ido lógicamente variando, en función de los hallazgos científicos.

Fue a partir de los años setenta cuando se empezó a entenderlos como unos trastornos del desarrollo de ciertas capacidades infantiles (de la socialización, la comunicación y la imaginación) y las clasificaciones internacionales los ubicaron en el eje correspondiente a otros problemas ligados al desarrollo, como el retraso mental, acuñándose el término Trastornos Generalizados del Desarrollo (TGD).

Lejos de constituir un problema único, se identificaron trastornos diferentes; se reconoció la presencia de cuadros parciales; se apreció la variabilidad de los síntomas con la edad y el grado de afectación; se describió su asociación con otros problemas del desarrollo y se aceptó de manera prácticamente universal que se debían a problemas relacionados con un malfuncionamiento cerebral.

⁴ La neuroplasticidad es la posibilidad que tiene el cerebro para adaptarse a los cambios o funcionar de otro modo modificando las rutas que conectan a las neuronas. Esto genera efectos en el funcionamiento de los circuitos neurales y en la organización del cerebro.

En los últimos años se incorpora el término Trastornos del Espectro Autista (TEA), a partir de la aportación de L. Wing y J. Gould. Además de los aspectos ya aceptados en la denominación TGD, el término TEA resalta la noción dimensional de un "continuo" (no una categoría), en el que se altera cualitativamente un conjunto de capacidades en la interacción social, la comunicación y la imaginación. Esta semejanza no es incompatible con la diversidad del colectivo: diversos trastornos; diversa afectación de los síntomas clave, desde los casos más acentuados a aquellos rasgos fenotípicos rozando la normalidad; desde aquellos casos asociados a discapacidad intelectual marcada, a otros con alto grado de inteligencia; desde unos vinculados a trastornos genéticos o neurológicos, a otros en los que aún no somos capaces de identificar las anomalías biológicas subyacentes.

Actualmente se identifican 5 trastornos bajo la categoría de los Trastornos Generalizados del Desarrollo [DSM-IV]:

- El Trastorno de Espectro Autista.
- El Síndrome de Rett.
- El Trastorno Desintegrativo Infantil.
- El Síndrome de Asperger.
- El Trastorno Generalizado del Desarrollo no especificado.

El TEA se puede definir como "una discapacidad del desarrollo que afecta significativamente la comunicación verbal y no-verbal y la interacción social, usualmente evidente antes de los tres años de edad, que afecta adversamente el rendimiento escolar del niño. Otras características a menudo asociadas con el autismo son la exhibición de actividades repetitivas y movimientos estereotípicos, resistencia a todo cambio en el medio ambiente o cambios en la rutina diaria, y reacciones poco usuales a las experiencias sensoriales."

1.6 Estrategias y procedimientos en Educación Especial

En los últimos años, como consecuencia de la investigación y la práctica educativa realizada, se han refinado y dotado de mayor precisión los procedimientos educativos que se utilizan con las personas con NEE. La mayor parte de los autores consideran que los procedimientos de enseñanza deben cumplir ciertas condiciones y reunir una serie de características [Powers, 1992] [Rivière, 1996]:

- Acentúan los objetivos funcionales y la necesidad de intervenir en contextos naturales de interacción.
- Deben ser estructurados y basados en los conocimientos desarrollados por la modificación de conducta, en especial en los que a aspectos de metodología rigurosa se refiere.
- Deben ser evolutivos y adaptados a las características personales de los alumnos, definiendo de forma precisa los prerrequisitos evolutivos y funcionales de las conductas a tratar.
- Deben ser funcionales y con una definición explícita de sistemas de generalización.
- Deben implicar a la familia y la comunidad.
- Deben ser intensivos y precoces, esto es, comenzar a aplicarse lo antes posible.
- Acentúan la intervención en comunicación, desarrollando objetivos positivos; es decir, no se centran en eliminar conductas indeseables, sino en crear y potenciar habilidades adaptadas y alternativas.
- Deben establecer una disposición cuidadosa de las condiciones ambientales.

Las ventajas de los ambientes estructurados han sido consistentemente demostradas. El concepto de estructura implica principalmente tres aspectos [Rivière, 1997]:

- 1) Hace referencia a la necesidad de que el ambiente no sea excesivamente complejo sino más bien simple.
- 2) El ambiente debe facilitar la comprensión de relaciones entre sus propias conductas y el medio.
- 3) El educador debe mantener una actitud directiva estableciendo de forma clara y explícita sus objetivos y procedimientos.

La necesidad de emplear ambientes estructurados queda patente, por ejemplo, en experiencias con alumnos autistas [Rivière, 1984] o en programas que usan la enseñanza estructurada como Teacch [Schopler, 1995].

Se ha señalado también la necesidad de cuidar las condiciones de aprendizaje. Rivière [Rivière, 1990] ha propuesto algunas sugerencias para llevar a cabo de forma eficaz las sesiones de enseñanza: 1) Las condiciones estímulares deben adecuarse a la necesidad de estimular la atención del niño a los aspectos relevantes de las tareas educativas y evitar la distracción en aspectos irrelevantes; 2) las consignas, instrucciones y señales deben darse sólo después de asegurar la atención del niño y ser claras, generalmente simples, consistentes y adecuadas a las tareas; 3) los alumnos, a pesar de sus problemas motivacionales, tienen intereses y preferencias de las que hay que partir para el desarrollo de los programas.

Veamos a continuación, para una mayor clarificación, procedimientos y técnicas concretas que actualmente son utilizadas en los distintos campos y áreas de trabajo.

1.6.1 La enseñanza de la comunicación y el lenguaje

Esta es, quizás, una de las áreas en las que se ha producido un mayor número de innovaciones y que ha llegado a constituirse en uno de los focos centrales de intervención. En gran parte, ello es debido a que las mejoras en comunicación y lenguaje repercuten directamente en mejoras observadas en otros síntomas. Los procedimientos de enseñanza se caracterizan por ser esencialmente pragmáticos y funcionales y pretenden, ante todo, el desarrollo de la comunicación (sirviéndose cuando sea necesario de códigos alternativos al

lenguaje verbal). Gortázar [Gortázar, 1993] ha señalado las ventajas que el “Modelo de Tratamiento Natural del Lenguaje” tiene en la intervención para hacer frente a los déficits sociales y sugiere tener en cuenta en la intervención los siguientes aspectos:

- 1) Centrarse en contenidos relevantes al alumno, que sean funcionales.
- 2) Aprender el lenguaje en medios naturales, en los lugares donde transcurre la vida del niño.
- 3) Emplear para el tratamiento a las personas que conviven con el niño; padres y profesores.

Una de las mayores dificultades con las que tienen que enfrentarse los educadores y padres en la enseñanza es la ausencia de motivación. En lo que respecta a la comunicación y el lenguaje, la falta de motivación también constituye un importante obstáculo. Para paliar y/o eliminar esta dificultad en [Koegel, 1995] se propone tener en cuenta algunas variables que son efectivas para mejorar la motivación:

- 1) Fomentar la elección del niño de los materiales usados en la enseñanza.
- 2) Premiar los intentos comunicativos, mejorando más significativamente la motivación a la comunicación que usar técnicas de aproximación sucesiva.
- 3) Intercalar ensayos y/o tareas de mantenimiento, lo que hace que el niño experimente un alto grado de éxito en las sesiones de enseñanza.
- 4) Usar reforzadores naturales que estén directamente relacionados con la tarea. La motivación y la velocidad de adquisición se incrementa mucho más cuando se proporcionan consecuencias naturales que cuando se utilizan reforzadores arbitrarios. Por ejemplo, para enseñar colores puede ser más útil utilizar caramelos de colores que el niño puede seleccionar, puesto que se aprende que hay una relación entre la propia respuesta y la consecuencia de la conducta.
- 5) Utilizar “paquetes” de tratamiento motivacional. Los efectos son especialmente poderosos cuando todas estas técnicas se combinan y usan en los que se ha venido en llamar paradigmas de enseñanza natural del lenguaje.

En la actualidad están ampliamente extendidos el uso de sistemas alternativos de comunicación, sobre todo con alumnos autistas, dando preferencia a la presentación de la información visual. La utilización de medios gráficos y pictóricos, fotos reales, etc. conjuntamente con signos es habitual en la práctica diaria para el desempeño de distintas tareas. En los últimos años, se ha desarrollado el uso de pictogramas en “agendas” [Ventoso, 1995] en los contextos de aprendizaje. Tales procedimientos que implican la planificación diaria de actividades, facilitan la anticipación y la comprensión de situaciones. Pueden aplicarse a niños de nivel cognitivo relativamente bajo y tiene efectos positivos en la tranquilidad y el bienestar de las personas con TEA.

La utilización de sistemas alternativos con las personas con TEA está justificada por las siguientes razones [Rivière, 1997]:

- Se incide en el punto de procesamiento de información del autista: el visual.
- Se favorece la intención comunicativa y se estimula la aparición del lenguaje verbal.
- Se favorecen procesos de atención.
- Se favorece la interacción social.
- Se incide en la solución de las dificultades conductuales.
- Contribuyen a una mejor comprensión del entorno.
- Favorecen la capacidad de anticipación y de predicción.
- Contribuyen a una organización más “significativa” de los datos en la memoria.

1.6.2 La educación cognitiva

En lo que se refiere al estilo de aprendizaje, también debe existir una estrategia educativa adaptada a los alumnos con NEE, los cuales necesitarán [Tortosa, 2002]:

- Un contexto educativo estructurado y directivo, priorizando en él contenidos funcionales, y ajustados al nivel competencial de los alumnos.

- Situaciones educativas específicas y concretas que favorezcan la generalización de los aprendizajes.
- Ambientes sencillos, poco complejos, que faciliten una percepción y comprensión adecuada de los mismos.
- Aprender en contextos lo más naturales posibles: entornos educativamente significativos.
- Realizar aprendizajes con los menos errores posibles (ensayo sin error), lo que favorece su motivación.
- Aprender habilidades y estrategias de control del entorno, y de autocontrol.
- Descentrar la atención de unos pocos estímulos y alcanzar "atención conjunta" con otros.
- Situaciones educativas individualizadas.
- Ampliar las actividades que realizan, así como los intereses que poseen.

Powell y Jordan [Powell, 1996] han propuesto un conjunto de orientaciones prácticas para la enseñanza de pensamiento flexible y conducta autónoma en personas con necesidades especiales:

- 1) Crear situaciones libres de ansiedad ya que la ansiedad reduce la flexibilidad de toda conducta.
- 2) Enseñar comprensión y conocimiento. Para ello enfatizan los siguientes aspectos:
 - a. Debe comprometerse a los alumnos en la planificación de actividades. Necesitan ser enseñados a qué tareas deben hacer y cuando hacerlas en circunstancias apropiadas.
 - b. Desarrollar estrategias de memoria.
 - c. Desarrollar la posibilidad de elección. El más básico nivel de elección puede enseñar al niño a rechazar las actividades que no quiere y aceptar las que quiere. Más tarde pueden utilizarse dibujos, símbolos (o palabras si son entendidas).

1.6.3 El manejo de problemas de conducta

Desde hace ya algunos años se viene considerando que, en realidad, los problemas de comportamiento lo que hacen es reflejar un conjunto de déficits, especialmente en el ámbito de la comunicación. En este sentido algunos investigadores han propuesto “la hipótesis de la comunicación” en los problemas de comportamiento. Se plantea que los problemas de comportamiento normalmente funcionan como una primitiva de comunicación para aquellos sujetos que todavía no poseen o no utilizan formas de comunicación más complejas, que les permitirían influir en los demás para obtener una variedad de resultados deseables, denominados “reforzadores” en la literatura.

Desde el punto de vista de la intervención, la consecuencia principal que puede extraerse es que enseñando, ampliando y reforzando las habilidades comunicativas relevantes, resulta posible sustituir la conducta inadecuada, haciéndola menos frecuente o eliminándola.

1.6.4 La enseñanza de habilidades sociales

Los procedimientos y programas para la enseñanza de habilidades sociales también se han beneficiado de la considerable investigación realizada aunque su desarrollo no ha sido tan marcado como ocurre en el área de comunicación y lenguaje. La competencia social exige el dominio de un amplio rango de habilidades que se incrementan de manera compleja con la edad. Entre estas habilidades se encuentran [Tortosa, 2002]:

- Aprender que sus comportamientos pueden influir en el entorno de una manera socialmente aceptable, pero es necesario enseñarles explícitamente cómo, dónde y cuándo lo es, así como cuándo no lo son.
- Aprender a relacionarse, de forma concreta y efectiva, con los demás en diferentes situaciones y contextos.
- Aprender a conocer y comunicar las emociones y pensamientos propios, así como comprender los de los demás.

- Aprender a utilizar los objetos de manera funcional y creativa, y disfrutar de ellos con los demás.

Tomando de nuevo como ejemplo las experiencias con niños autistas, una vía eficaz para la enseñanza de habilidades sociales a niños y adolescentes autistas ha sido el uso de modelos con niños sin autismo [Rivière, 1997]. La mayor parte de los trabajos se han desarrollado empleando a niños sin TEA de edades preescolares y escolares y han documentado el hecho de que los pares preescolares pueden aprender a iniciar interacciones con el niño con TEA y que tales interacciones aumentan las respuestas sociales de los niños con TEA. En [Lord, 1995] se exponen los principios generales que subyacen a la intervención con pares:

- 1) La intervención con pares debe ser realizada en un entorno positivo en el que las interacciones con los compañeros normales de igual edad sean placenteras.
- 2) Los pares deben ser apoyados en sus interacciones con los niños y adultos con TEA sin enseñar directamente cómo deben portarse (el objetivo de la intervención es obtener interacción espontánea).
- 3) La estructura temporal y física del grupo debe ser deliberadamente variada de acuerdo con las necesidades de los miembros del grupo. Sugiere tener en cuenta las siguientes variables:
 - a. Seguir una agenda estándar, al menos para las sesiones iniciales, después puede cambiarse.
 - b. Utilizar una cuidada estructura de espacio para las diferentes actividades.
 - c. Proporcionar temas para cada sesión.
 - d. Las actividades deben ser diseñadas en torno a objetivos compartidos que requieran cooperación o, al menos atención a los otros.
 - e. Las actividades no deben requerir comprensión o producción compleja del lenguaje o conductas habilidosas de motricidad fina y gruesa.
 - f. Las actividades deben ser relativamente breves.
 - g. Desarrollar rutinas de trabajos.

1.7 Teorías del aprendizaje y paradigmas educativos

En este apartado vamos a analizar algunas de las principales teorías del aprendizaje que puedan aplicarse en el ámbito de la Educación Especial y sirven como marco conceptual para la propuesta de esta tesis.

1.7.1 Teoría del constructivismo social

El *Constructivismo* es un paradigma psicopedagógico basado en las teorías de Piaget y Vigotsky [Vigotsky, 1996] y centrado en la construcción del conocimiento mediante el aprendizaje activo y partiendo de los conocimientos y experiencias del individuo. Este enfoque considera que el conocimiento es un proceso de interacción entre el individuo y su entorno sociocultural [Brazuelo, 2011].

1.7.2 Teoría del aprendizaje situado

En esta teoría, aprendizaje y contexto aparecen asociados [Lave, 2001]: existe una relación entre el alumno y el contexto que se estructura sobre una base práctica, por ello, para que el aprendizaje sea efectivo, el alumno debe estar activamente envuelto en un entorno real. Se le denomina aprendizaje situado, pues “lo que se sabe” se relaciona con las situaciones en la cuales se produjo o aprendió. Esta teoría tiene una connotación situacional, ya que, los significados se reconstruyen cuando se les utiliza en ciertas situaciones o cuando son similares a los contextos en donde se les aplicó por primera vez.

1.7.3 Teoría de la actividad

La Teoría de la Actividad concibe el desarrollo humano como una construcción sociocultural mediante la realización de actividades compartidas a través de la educación. También se subraya la importancia de la adquisición de conocimientos a través de la

apropiación de herramientas y el desarrollo de estructuras mentales más allá de una mera transmisión de conocimientos.

Una de las corrientes de la Teoría de la Actividad señala que la actividad humana es infinitamente multifacética, móvil y rica en variantes de contenido y forma [Engeström, 1999]. En este contexto y bajo la percepción de que el aprendizaje es una actividad mediada, la tecnología y concretamente los dispositivos móviles, pueden ser considerados como los mediadores de dicha actividad.

Desde la Teoría de la Actividad, el aprendizaje es visto como un proceso en donde las cogniciones individuales son definidas por las relaciones establecidas entre la situación, las herramientas y las formas de interacción que se dan dentro de dichas situaciones. En otras palabras, diferentes elementos hacen parte activa del proceso de aprendizaje, a saber: la comunidad que a su vez involucra normas sociales que gobiernan la situación, la división de la labor, los roles que se juegan dentro del grupo, las herramientas para trabajar, los sujetos de la actividad, el objeto de la actividad y finalmente el resultado producido. Tanto la comunidad (los otros) como las herramientas (dispositivo o computador) son fuentes que el alumno (sujeto) coordina durante el desarrollo de la actividad (objeto). Su acción y la de los otros, se ve modificada por las reglas y los roles que emergen en la interacción. La Figura 1-4 clarifica lo indicado anteriormente [Nardi, 1996]:

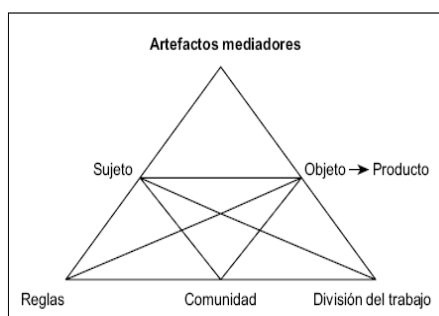


Figura 1-4 Representación gráfica de la Teoría de la actividad

A modo de explicación de la figura anterior, extenderemos los conceptos mostrados:

- Sujeto(s): miembros del grupo de aprendizaje.
- Artefactos: materiales en papel, multimedia, plantillas, dispositivos, aplicaciones informáticas.
- Reglas: configuración de la actividad, reglas de colaboración en grupo.
- Comunidad: grupo de aprendizaje, escuela, sistema, sociedad, etc.
- División del trabajo (roles): alumno, profesor, tutor, supervisor, padre, etc.
- Objeto: actividad, tarea.
- Producto: tarea completada con éxito.

1.7.4 Aprendizaje cooperativo

Uno de los principales objetivos en las aulas es mejorar el comportamiento de los alumnos con necesidades especiales y su socialización. Su entorno social debe ser consistente emocionalmente, afectivo, y debe facilitar la integración del alumno con el resto de sus compañeros y profesores. Debe ayudar a evitar conductas disruptivas y a mitigarlas si se producen. La socialización del alumno en el aula es la base para su interacción futura con el resto de la sociedad. El aprendizaje cooperativo [Ferreiro, 2006] es un método pedagógico que se aplica con este fin y aborda algunas de las ideas del constructivismo social.

El trabajo en grupo cuenta con diversos estudios que fundamentan que la interacción social trae beneficios al aprendizaje [Vigotsky, 1996] [Rogoff, 1993]: requiere que los alumnos trabajen juntos en una tarea común, compartan información y se apoyen mutuamente. Esto promueve el proceso de crecimiento personal, desarrollando el potencial de cada individuo para aprender por sí mismo o con otros en diferentes situaciones. Se apoya en el papel del educador, el cual prepara y asigna las tareas de grupo, controla el tiempo y los materiales y supervisa el aprendizaje [Barkley, 2005].

Múltiples definiciones de *Aprendizaje Colaborativo/Cooperativo* han sido formuladas [Dillenbourg, 1999] [Felder, 2007] [Johnson, 1994]. Una de las más empleadas es “el uso constructivo de pequeños grupos de forma que los alumnos trabajen juntos para maximizar su aprendizaje propio el de cada compañero” [Johnson, 1993].

-

El aprendizaje cooperativo ha sido visto frecuentemente como un estímulo para el desarrollo cognitivo debido a su capacidad para estimular interacciones sociales y el aprendizaje entre los miembros de un grupo. Así, las principales contribuciones del aprendizaje cooperativo para alumnos son [Johnson, 2000] [Smith, 1996]:

- Modelos a ser imitados: el educador, sus compañeros.
- Oportunidades para hacer, para decir y para sentir.
- Auto-regulación personal y en grupo.
- Refuerzo positivo constante.
- Desarrollo de habilidades cognitivas, sociales y afectivas.
- Mejores relaciones interpersonales entre alumnos.
- Atribución del éxito o fracaso al trabajo realizado en el grupo.
- Mayor curiosidad y motivación continuada.
- Mayor compromiso con el aprendizaje.
- Fomenta una mayor capacidad para resolver problemas.
- Facilita la retención, adquisición de conocimientos, mayor productividad.
- Fomenta razonamientos de mayor calidad, así como la transferencia de lo aprendido.

Cooperativo frente a colaborativo

Aunque, para la mayoría de los educadores — y, por supuesto, para los lexicográficos que recopilan los diccionarios — los términos *cooperativo* y *colaborativo* tengan significados similares, en la actualidad se mantiene un importante debate acerca de si quieren decir lo mismo cuando se aplican al aprendizaje en grupo [Barkley, 2005].

Unos autores utilizan los términos *cooperativo* y *colaborativo* de manera intercambiable, en el sentido de alumnos que trabajan de forma interdependiente en una tarea de aprendizaje común.

Otros, sin embargo, hacen hincapié en una clara distinción entre ambos términos. Los partidarios de la distinción señalan que el aprendizaje cooperativo difiere del colaborativo en que, en el primero, la utilización de grupos apoya un sistema de enseñanza que mantiene las líneas tradicionales del saber y la autoridad en el aula. Para otros autores, el aprendizaje cooperativo no es más que una subcategoría del colaborativo.

Hay otros que sostienen que el enfoque más razonable consiste en contemplar el aprendizaje colaborativo y el cooperativo situados en un continuo que va de los más estructurado (cooperativo) a lo menos estructurado (colaborativo).

A lo largo de este trabajo se emplean en todo momento los términos aprendizaje cooperativo o aprendizaje en grupo para referirnos a cualquier actividad de aprendizaje diseñada para ser realizada por varios alumnos conjuntamente, en consonancia con el uso de estos términos que se hace en los centros educativos.

1.7.5 Aprendizaje móvil o *Mobile learning*

Los dispositivos móviles se han convertido en una interesante alternativa para dar soporte al aprendizaje [Bertini, 2003], principalmente porque facilitan y estimulan la realización de actividades en cualquier lugar, implicando en la educación a profesionales y familiares y sirviendo de nexo entre ambos.

De la aplicación de tecnologías móviles en el aula nace un nuevo paradigma educativo: el *Mobile learning*, *m-learning* o aprendizaje móvil [ISEA, 2009]. Según O'Malley [O'Malley et al. 2005] el *Mobile learning* es:

[...] cualquier tipo de aprendizaje que se produce cuando el alumno no se encuentra en una ubicación fija y predeterminada; o de aprendizaje que se produce cuando el alumno se aprovecha de las oportunidades de aprendizaje que ofrecen las tecnologías móviles.

Se trata de un nuevo enfoque de aprendizaje basado en el uso de dispositivos móviles inteligentes o *smart devices* (PDA, *smartphones*, iPods, consolas, tabletas, etc.) y su principal

-

característica es la ubicuidad, fomentando un aprendizaje contextualizado, en el lugar y momento que se precisa y pudiendo acceder a información o materiales multimedia que se necesiten a través de Internet [Harris, 2001]. El *Mobile learning* puede entenderse como un nuevo modelo tecnológico-pedagógico que apunta a una nueva dimensión en los procesos de educación, al poder atender necesidades urgentes de aprendizaje, ubicarse en escenarios móviles, posibilitar gran interactividad en estos procesos y facilitar la posibilidad de implementar innovadores modos de dar clase y aprender.

1.7.6 Aprendizaje individualizado y adaptado

Un alumno tiene NEE cuando tiene más dificultad que el resto de sus compañeros para acceder a los aprendizajes determinados en el currículum que le corresponde por su edad. Con la **enseñanza individualizada** se puede realizar un ajuste a las capacidades, necesidades, inquietudes y formación previa del alumno, así como respetar su ritmo de trabajo personal. Ello es posible gracias a una **adaptación curricular** dentro del aula con compañeros con los que puede interactuar y con los que comparte los mismos objetivos de aprendizaje [Laborda, 1996].

El **currículo** determina los objetivos de la educación y propone un plan para conseguirlos. En un currículo se especifica qué (objetivos y contenidos), cómo (metodología y actividades), cuándo enseñar (temporización) y cómo evaluar. El currículo es compartido por todos los alumnos de una clase, independientemente de su diversidad [UNESCO 2011].

Las adaptaciones curriculares son estrategias educativas y contextualizadas para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje en algunos alumnos con necesidades educativas especiales (NEE), constituyendo modificaciones sobre el currículo ordinario. Para ello, el currículo ordinario debe ser flexible, de tal forma que sus contenidos no estén muy detallados y sus objetivos sean amplios. [Ainscow, 2006].

Hay dos tipos de adaptaciones curriculares:

- De acceso al currículum: Se da apoyo para que contenidos creados para todos los alumnos puedan ser accesibles. Incluyen apoyo de profesionales, adaptación de materiales y contexto físico, y apoyo en comunicación.
- Individualizadas: Son adaptaciones no compartidas con los compañeros. Se subdividen en:
 - No significativas: Modifican la metodología, actividades, temporización y evaluación, de forma puntual.
 - Significativas: Modifican objetivos, contenidos y evaluación. Se pueden priorizar o eliminar, o incorporar de ciclos previos.

Para realizar una adaptación curricular se requiere la atención coordinada de todos los servicios educativos, con la participación del colegio, la familia y el propio alumno. La estrategia para realizar una adaptación curricular es:

- Realizar una evaluación inicial del alumno y su contexto escolar y socio-familiar: historial escolar, personal, motivación e intereses.
- Determinar las necesidades del alumno relacionadas con sus capacidades básicas (percepción, atención, memoria, lectura y escritura, psicomotricidad y razonamiento lógico-matemático), con el entorno de trabajo y con la áreas curriculares (comunicación y representación, medio físico y social, lengua castellana y literatura, matemáticas, conocimiento del medio y lengua extranjera): constituyen los objetivos de la adaptación.
- Elegir una metodología y estilo de aprendizaje.
- Establecer la secuencia, orden y temporización de aprendizajes.
- Realizar un seguimiento y evaluación continua con criterios para tomar decisiones (*feedback* adaptativo) sobre su promoción, los apoyos y las colaboraciones con la familia.

En cuanto a la metodología y estilo de aprendizaje en educación especial, se suele basar en modelos didácticos cognitivos [Brunner, 1991] [Vigotsky, 1993], centrados principalmente en el desarrollo de procesos, estrategias y operaciones mentales, con un

papel activo del alumno y mediación del contexto (profesores y familia). Principalmente se trabaja en la enseñanza y uso de estrategias de aprendizaje, apoyándose en las interacciones sociales en el aula para construir conocimiento en grupo [Warren, 1994]. Para su puesta en práctica, se recomiendan:

- Combinación de técnicas basadas en estrategias de auto-instrucción y solución de problemas, con técnicas de modificación de conducta, y estrategias de enseñanza-aprendizaje colaborativo.
- Actividades motivantes, ecológicas y funcionales.
- Programación de aprendizajes dentro y fuera del aula
- Organización espacial en el aula y agrupamiento de los alumnos
- Adaptación de material didáctico que incluya el uso de material multimedia y de ordenador con adaptaciones para su uso.
- Sistemas de comunicación aumentativos y alternativos para facilitar la comunicación con el profesor, con los compañeros y el acceso a los contenidos del aprendizaje.
- Provocar interacciones sociales en el aula para realizar aprendizajes significativos, ya que se favorece el desarrollo personal, lo cual condiciona el aprendizaje y posibilita un mayor desarrollo.

1.8 Conclusiones

Cualquier alumno, en función de sus características, ya sean físicas, sensoriales o cognitivas, de las exigencias sociales o del rendimiento esperado, por ejemplo en la actividad escolar, puede necesitar ayudas, apoyos, atenciones... especiales, es decir, puede **tener necesidades educativas especiales**. Conviene precisar que lo **especial** no es el alumno ni lo que le ocurre como causa, sino la **necesidad que tiene o atenciones** que precisa.

Con cierta frecuencia los alumnos con NEE tienen dificultad para integrarse con el resto de sus compañeros, produciéndose problemas de aislamiento. Uno de los principales objetivos en las aulas es mejorar el comportamiento de estos alumnos y sus relaciones con su entorno social. La necesidad de generar estrategias y mecanismos alternativos al sistema tradicional de enseñanza en el caso de personas con NEE, nos lleva al estudio de nuevos métodos y mecanismos de enseñanza que favorezcan las destrezas cognitivas, tiempo de dedicación y motivación, así como el entrenamiento de habilidades o conceptos que permitan superar las deficiencias.

A lo largo de este capítulo se han analizado las estrategias y procesos que se suelen seguir en la enseñanza de alumnos con NEE y como resultado de este análisis podríamos concluir que en la mayoría de los casos los programas de atención suelen coincidir en seguir esquemas altamente estructurados con: organización de actividades mediante agendas, sistemas de estudio y trabajo adaptados para facilitar el proceso de aprendizaje y organización del material para estimular la independencia del alumno. Dichos programas tienen en cuenta las características encontradas en alumnos con trastornos como el autismo – habilidades con el procesamiento de la información visual, dependencia de memoria de rutinas e intereses especiales – con el objetivo de poder ser aplicado de manera exitosa en distintas situaciones y contextos y también ser adaptables a los diferentes niveles de desarrollo.

Esta forma de trabajar estructurada, visual y personalizable encaja a la perfección con las posibilidades que la tecnología y el software especializado podrían ofrecer.

En esta línea, en la parte final del capítulo se han expuesto algunas teorías de aprendizaje interesantes y de relevancia para el campo de estudio de esta tesis. Así, la teoría de la actividad nos presenta la tecnología como una mediadora en el proceso de aprendizaje y muestra a la comunidad y al grupo como un actor más a tener en cuenta. Un concepto similar, el de grupo y su poder de socialización, es tratado en el paradigma de aprendizaje colaborativo, el cual también enlaza a su vez con alguna de las estrategias llevadas a cabo con alumnos con NEE con el fin de reducir algunos déficits en el desarrollo

de habilidades sociales. El aprendizaje situado destaca la importancia de fomentar el desarrollo de procesos de aprendizaje en escenarios reales y relacionados con lo que se aprende, idea compartida por el paradigma de *Mobile learning* que propone el uso de tecnologías móviles como mecanismo para provocar ese aprendizaje en cualquier momento y en cualquier lugar.

Por último, la enseñanza individualizada y adaptada tomando como base las adaptaciones curriculares parece encajar bien con la enseñanza de alumnos con NEE. Aunque las actividades de aprendizaje que se emplean en Educación Especial son similares a las usadas en educación primaria, es necesaria la adaptación de las mismas debido a que los alumnos de un aula pueden tener diferentes síndromes y patologías, con distintas capacidades y habilidades. Su ritmo de trabajo y necesidades de aprendizaje necesitan ser también diferentes, lo que conlleva la individualización del proceso de aprendizaje, pero al mismo tiempo los alumnos deben aprender a interactuar entre ellos, preparándolos para que en un futuro puedan realizar las tareas diarias e integrarse en la sociedad.

Como se puede observar, el proceso de aprendizaje de un alumno con NEE no es una tarea sencilla pues son muchos los factores a tener en cuenta y no pocos los aspectos deseables que el programa de intervención debería tener para lograr un resultado positivo.

No obstante, a la vista de lo analizado parece que una aproximación prometedora podría ser aquella basada en tecnologías de apoyo, preferiblemente móviles, y que a su vez tuviera en cuenta las necesidades de adaptabilidad, portabilidad y socialización que la enseñanza de este tipo de alumnos va a requerir.

Referencias del capítulo

- [Ainscow, 2006] Ainscow, M., Booth, T., Dyson, A., Farrell, P., Frankham, J., Gallannaugh, F., Howes, A. and Smith, R. (2006), *Improving schools, developing inclusion*. London: Routledge.

- [Brazuelo, 2011] Brazuelo, F., Gallego, D.: *Mobile learning. Los dispositivos móviles como recurso educativo*. Ed. MAD, SL. Sevilla. Año de Edición: 2011 ISBN: 978-84-676-6505-5.
- [Brunner 1991] Brunner, J. *Más allá de la revolución cognitiva*. Madrid. Alianza.
- [Barkley, 2005] E. F. Barkley, K.P. Cross, C.H. Major. *Collaborative Learning Techniques*. (John Wiley, San Francisco 2005).
- [Cabero, 2000] Cabero, J. et al. *Medios y nuevas tecnologías para la integración escolar*. Revista de Educación, 2, 253-265. 2000.
- [Dillenbourg, 1999] Dillenbourg, P.: *What do you mean by "collaborative learning"?* P. Dillenbourg (Ed.), *Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches*, pp.1-19, 1999.
- [DSM-IV] Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales (*Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, DSM*) versión IV. Creado por la *American Psychiatric Association* o APA: <http://www.psych.org>
- [Fdez-Villalta, 1988] Fernández de Villalta, M. (Ed.). *Tecnologías de la información y discapacidad*, Madrid, Fundesco. 1988.
- [Felder, 2007] Felder, R. M., Brent, R.: Cooperative learning. P.A. Mabrouk (Ed.), *Active Learning: Models from the Analytical Sciences*, ACS Symposium Series 970, Chapter 4, 2007.
- [Ferreiro, 2006] R. Ferreiro. *Estrategias Didácticas del Aprendizaje Cooperativo*. El Constructivismo Social: una nueva forma de enseñar y aprender. (Eduforma, Sevilla 2006).
- [García, 1995] García, C. (1995) *Una escuela común para niños diferentes: la integración escolar*. Barcelona, EUB. 1995.
- [Gortázar, 1993] Gortázar, P. *Implicaciones del modelo de enseñanza natural del lenguaje en la intervención de personas con autismo*. En R. Canal y otros (Eds.). *El autismo 50 años después de Kanner (1943)*. Actas del VII Congreso nacional de Autismo. (pp. 205-213). Salamanca, 1993.

-
- [INESalud] Encuestas EDDS (1999) y EDAD (2008). Instituto Nacional de Estadística (INE): <http://www.ine.es>
- [ISEA, 2009] ISEA, Análisis prospectivo de las potencialidades asociadas al Mobile Learning, 2009.
- [Johnson, 1993] Johnson, D. W., Johnson, R., & Holubec, E. *Circles of learning* (4th ed.). Edina, MN: Interaction Book Company, 1993.
- [Johnson, 1994] Johnson, R. T., Johnson, D. W.: *An overview of cooperative learning*. J. Thousand, A. Villa, A. Nevin (Eds.), *Creativity and Collaborative Learning*, Brooks Press, 1994.
- [Johnson, 2000] D. W. Johnson, R.T. Johnson and M.B. Stanne. *Cooperative learning methods: a meta-analysis*. 2000. <http://www.clcrc.com/pages/cl-methods.html>
- [Koegel, 1995] Koegel, L.K., Koegel, R. L. *Motivating Communications in children with autism*. Schopler y Mesibov. *Learning and Cognition in Autism*. (pp. 73-87) Nueva York: Plenum Press. 1995.
- [Laborda, 1996] Laborda, C. y Pujolas P. (1996) *Del modelo individual en educación especial a la personalización de la enseñanza*. Enciclopedia Virtual de Didáctica y Organización Escolar. <http://peremarques.pangea.org/evdioe.htm>
- [Lave, 2001] Lave, J. and Wenger, E. (1991) *Situated learning: legitimate peripheral participation*. New York: Cambridge University Press.
- [Lord, 1995] Catherine Lord and Joyce McGill-Evans (1995). Peer interactions of autistic children and adolescents. *Development and Psychopathology*, 7, pp 611-626.
- [Mairena, 2009] Mairena, J. *Videojuegos Accesibles, por qué y cómo hacerlos*: <http://www.javiermairena.net/docs/videojuegosaccesibles.pdf>
- [MEC, 1989] M.E.C. (1989). *Libro blanco para la reforma del Sistema Educativo*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.

- [MEC, 1992] Blanco Guijarro, R. (Coord.) (1992). *Alumnos con necesidades educativas especiales y adaptaciones curriculares*. Madrid: CNREE-MEC.
- [O'Malley, 2005] O'Malley, C., Vavoula, G., Glew, J. P., Taylor, J., & Sharples, M. (2005). Guidelines for Learning/Teaching/Tutoring in a Mobile Environment. Retrieved 7 July, 2009, http://www.mobilelearn.org/download/results/public_deliverables/MOBilelearn_D4.1_Final.pdf
- [Powell, 1996] Powell, S., Jordan, R. *Teaching individuals with autism flexible thinking and autonomous behavior*. Conferencia presentada en el V Congreso de Autismo-Europa. Barcelona. 1996.
- [Powers, 1992] Powers, M.D. *Early intervention for children with autism*. Berkell, D. E. (Ed.), *Autism. Identification, education and treatment*. Londres: Lawrence Erlbaum, 225-252. 1992.
- [Rivière, 1984] Rivière, A. *Modificación de conducta en el autismo infantil*. *Revista Española de Pedagogía*, 164-165. 1984.
- [Rivière, 1990] Rivière, A. *El desarrollo y la educación del niño autista*. En A. Marchesi, C. Coll y J. Palacios (Comp.), *Desarrollo psicológico y educación. III necesidades educativas especiales y aprendizaje escolar*. (pp. 313-333). Madrid, Alianza Editorial. 1990.
- [Rivière, 1996] Rivière, A. *La psicología de las personas autistas y los principios generales de tratamiento psicológico*. Conferencia presentada en la Jornada de Conmemoración del XX Aniversario de APNA. Madrid. 1996.
- [Rivière, 1997] Rivière, A., Martos, J. *El tratamiento del autismo: Nuevas perspectivas*. Ed. Imsero-Apna, 1997.
- [Schopler, 1995] Schopler, E., Mesibov, G.B., Hearsey, K. *Structured teaching in the Teach System*. Schopler y Mesibov (Eds.), *Learning and Cognition in Autism* (pp. 243-268). Nueva York: Plenum Press. 1995.

-
- [Smith, 1996] K. A. Smith. *Cooperative Learning: Making "group work" work*. New directions for teaching and learning. (Jossey-Bass, San Francisco 1996).
- [UNESCO 2011] Temario abierto sobre educación inclusiva. Materiales de apoyo para responsables de políticas educativas.
unesdoc.unesco.org/images/0012/001252/125237so.pdf
- [UN-DISTAT] Naciones Unidas: *Human functioning and disability*. Accesible en:
<http://unstats.un.org/unsd/demographic/sconcerns/disability/>
- [USA-Disabilities] USA Population Reports. <http://www.census.gov/prod/2001pubs/p70-73.pdf>
- [Tortosa, 2002] Tortosa, F. Educar a personas con autismo y otros trastornos generales del desarrollo. <http://www.espaciologopedico.com>
- [Ventoso, 1995] Ventoso, M. R. *Pictogramas: Una alternativa para comprender el mundo*. En M. A. López (Coor.) *Autismo: La respuesta Educativa*. Actas del VIII Congreso Nacional de AETAPI. (pp. 225-229). Murcia. 1995.
- [Vigotsky 1993] Vigotsky, L.S (1993) *Problems of abnormal psychology and learning disabilities*. New York. Plenum.
- [Vigotsky, 1996] Vigotsky, L. *Interacción entre aprendizaje y desarrollo*. En M. Cole, V. Steiner, S. Scribner & E. Souberman. (Eds.), *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica, (1996).
- [Warren, 1994] Warren, S.F. y Yoder, P. J. (1994) *Communication and Language Intervention: Why a Constructivist Approach is Insufficient*. *Journal of Special Education*, 3 (28) 248-58.
- [Woodward, 1997] Woodward, J., and Rieth, H. (1997), A historical review of technology research in special education. *Review of Educational Research*, vol. 67, 503–536.

TIC y Educación Especial

2.1 Introducción

En un aula podemos tener al mismo tiempo alumnos con diferentes síndromes y patologías, distinto nivel cognitivo, capacidades y habilidades. Su ritmo de trabajo y necesidades de aprendizaje son también diferentes, lo que conlleva la individualización y adaptación de los contenidos y del proceso de aprendizaje. Además, como hemos visto, la educación debe reforzar la socialización del individuo, requiriendo la realización de actividades en grupo.

Las TIC proporcionan múltiples funcionalidades a las personas con necesidades especiales, facilitando:

- La comunicación.
- El acceso/proceso de la información.
- El desarrollo cognitivo.
- La realización de todo tipo de aprendizajes.
- La adaptación y autonomía ante el entorno.
- El ocio.
- Instrumentos de trabajo, posibilidades de realizar actividades laborales.

Cuando hablamos de TIC aplicadas a alumnos con NEE, nos referimos desde el principio, a una doble necesidad: por una parte a que estos sujetos se beneficien de las posibilidades de los medios utilizados en un marco general, y por otra a la necesidad de diseñar y

producir medios específicos que puedan ser de ayuda y beneficio para las personas con NEE. A su vez partimos de la idea de que para poder atender a la diversidad de estudiantes los centros educativos tienen que tener a su disposición una diversidad de materiales que facilite un enfoque multimedia de la enseñanza, y la realización de diferentes actividades con los alumnos. Siempre intentando en lo posible que los medios no se conviertan en una nueva forma de marginación para estas personas.

En los últimos años se ha puesto de manifiesto que la tecnología es útil para crear nuevas formas de aprendizaje y enseñanza [Bertini & Kimani, 2003]: incrementa la motivación del alumno, refuerza su atención e interviene en su percepción, disminuye el tiempo de dedicación y mejora el entrenamiento de habilidades o conceptos que permiten superar las deficiencias.

Los profesores pueden usar las TIC para hacer adaptaciones y diseñar contenidos multimedia y herramientas preparadas para ser utilizadas por sus alumnos, permitiéndoles comunicarse y aprender con mayor autonomía, [Edwards, Blackhurst, & Koorland, 1995] .

A lo largo de este capítulo, analizaremos el uso que se hace de las TIC en la ayuda a la comunicación y el aprendizaje en Educación Especial. Explicaremos las características del proyecto Sc@ut, proyecto que forma parte de los antecedentes de esta investigación, y evaluaremos otras herramientas existentes.

También se analizarán otras propuestas de herramientas TIC orientadas al sector educativo en general, con el fin de poder comparar lo que ofrecen con las herramientas creadas para alumnos con NEE. Finalmente se expondrán las carencias de estas últimas, constatando la necesidad de nuevas alternativas para la educación de alumnos con NEE.

2.2 Tecnologías de apoyo en Educación Especial

En la intervención con alumnos con NEE, la comunicación y el lenguaje es un área de gran interés social debido a que la comunicación es una de las bases en el desarrollo y aprendizaje de cada individuo. En el área de la Educación Especial, frecuentemente se tienden a utilizar sistemas de comunicación aumentativa (AAC, *Augmentative and Alternative Communication*) basados en imágenes estándar o sistemas pictográficos con el objetivo principal de ayudar al desarrollo de la comunicación (ya sea oral o por otros medios) y la lengua cuando estas funciones se ven alteradas por deficiencias sensoriales, físicas o mentales.

Cualquier persona con dificultades graves para la comunicación vocal es candidata potencial a la comunicación aumentativa, sin requisitos previos. Se podría hablar de tres grandes grupos de candidatos:

- 1) Sujetos que han podido desarrollar un buen lenguaje, espontáneamente o mediante rehabilitación, pero cuya expresión oral no es inteligible (algunos sordos profundos y muchos sujetos con parálisis cerebral).
- 2) Sujetos sin impedimentos a nivel de órganos fono-articulatorios, que teóricamente podrían hablar con normalidad, pero que no han podido desarrollar un buen sistema lingüístico (sujetos afectados de déficit mental).
- 3) Sujetos que están afectados tanto a nivel de lenguaje como de habla.

Los AAC se pueden clasificar en sistemas sin apoyo externo y sistemas con apoyo externo:

- Los sistemas sin apoyo, como sistemas organizados surgieron como ayudas para desarrollar el lenguaje y el habla. Estos sistemas tienen la ventaja de ser más autónomos y económicos que los sistemas con apoyo. Ejemplos:
 - Dactilología.

- Lengua de signos.
- Bimodal (Makaton, comunicación total de Benson Schaeffer).
- La Palabra Complementada (LPC), etc.
- Los sistemas con apoyo se orientan principalmente a mejorar la producción del habla, de ahí que recurran a la ayuda de sistemas ortográficos, pictográficos e informáticos, que suplan en todo o en parte las deficiencias expresivo-articulatorias de la persona discapacitada. Entre este tipo de sistemas se encuentran:
 - SOC (sistemas basados en la ortografía),
 - SPC (sistemas basados en los pictogramas) como por ejemplo el sistema BLISS, el SPC, el sistema Rebus, el sistema PIC o el sistema PREMAC.
 - Sistemas de plantillas automatizadas (comunicadores), como el comunicador AlphaTalker o la **plataforma Sc@ut**.



Figura 2-1 Comunicador AlphaTalker.

El campo de los sistemas AAC ha sido una de las áreas en las que se ha producido un mayor número de innovaciones tecnológicas: las TIC han demostrado que pueden llegar a ser una herramienta muy útil tanto para la rehabilitación como para la integración social de las personas con dificultades para comunicarse debido a problemas provocados por diferentes causas (autismo, paraplejia, parálisis cerebral, etc.).

Además de los progresos que han supuesto las TIC para los AAC, también se ha avanzado en el desarrollo y aplicación de la tecnología para facilitar el acceso al ordenador,

trabajar causa-efecto y proporcionar otros programas educativos, de ocio y planificación para personas con necesidades especiales.

En los siguientes sub-apartados se describirán algunas propuestas tecnológicas aplicadas a Educación Especial, como el sistema Sc@ut o los materiales de la red XTEC. Además, en los últimos años han aparecido nuevas aplicaciones de apoyo basados en dispositivos móviles (tabletas o *smartphones*) que ofrecen a los usuarios interesantes características como la movilidad o la interacción táctil, por lo que se describirán algunas herramientas de referencia a nivel nacional e internacional.

Es importante señalar que aunque la mayoría éstas propuestas móviles no aparecieron hasta 2010 – 2011, la investigación de esta tesis doctoral se inicio en 2009, tras un par de años de experiencia trabajando en el proyecto Sc@ut.

2.2.1 El Sistema Sc@ut

Desde el grupo de investigación GEDES de la Universidad de Granada se creó una plataforma de AAC llamada Sc@ut [Hurtado, 2005] [Paredes, 2006], con el objetivo de:

- Crear comunicadores adaptados y estimulantes, de forma que incluyan las imágenes (pictogramas, fotografías y dibujos) y los sonidos (palabras y frases) que cada usuario utiliza habitualmente para la comunicación con las personas de su entorno. La retroalimentación auditiva es importante como apoyo al lenguaje, refuerzo al usuario, y ayuda a los interlocutores.
- Los comunicadores creados debían ejecutarse en el ordenador y en dispositivos móviles que pudieran ser llevados y usados en cualquier escenario de la vida diaria donde el usuario los necesitara para comunicarse.
- Los comunicadores debían poder ser modificados y adaptados según la evolución del usuario, los cambios en su entorno y en su perfil, y sus progresos en la forma de comunicarse o en el lenguaje utilizado para ello. Esta adaptación debían

hacerla por sí mismos los tutores o profesionales que conocen al sujeto, sin necesidad de tener que recurrir a personal técnico especializado.

La arquitectura de la plataforma Sc@ut tiene los siguientes niveles (ver Figura 3-2):

- El *comunicador Sc@ut*: es la herramienta que permite a los usuarios (lectores) visualizar sus comunicadores. Un comunicador es el conjunto de plantillas y recursos multimedia (imágenes, sonidos y vídeo) que constituyen los datos para un determinado usuario.
- El *generador Sc@ut*: es la herramienta utilizada por el educador o tutor del lector (autor) para crear y modificar un comunicador que se adapte al lector.

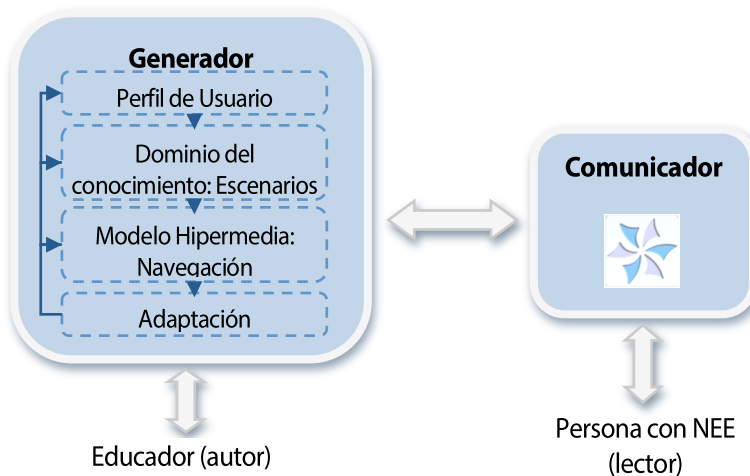


Figura 2-2 Niveles de la plataforma Sc@ut.

Ambas herramientas han sido usadas con resultados positivos durante los últimos años por cerca de 100 alumnos de Educación Especial y muchos profesionales del campo. Se ha comprobado que los principales beneficios obtenidos son: aumento de la intención comunicativa, mejora en la comprensión del lenguaje y mayor integración con su entorno social [Rodríguez, 2009]. En las siguientes secciones se describirán en más detalle estas herramientas.

Comunicador Sc@ut

El *Comunicador Sc@ut* (Figura 2-3) es un sistema hipermedia formado por plantillas enlazadas entre sí, compuestas por elementos con: textos, imágenes, sonidos y videos. Estas plantillas ayudan a los usuarios a comunicarse con las personas de su entorno o a aprender conceptos fomentando su aprendizaje.

Esta herramienta se desarrolló para poder ejecutarse en PC, TabletPC, dispositivos pocket PC con Windows Mobile o en la consola de videojuegos Nintendo DS™, lo que proporcionaba portabilidad y accesibilidad, ya que las personas pueden usarlo empleando una pantalla táctil o pulsadores, dependiendo de sus capacidades y necesidades.

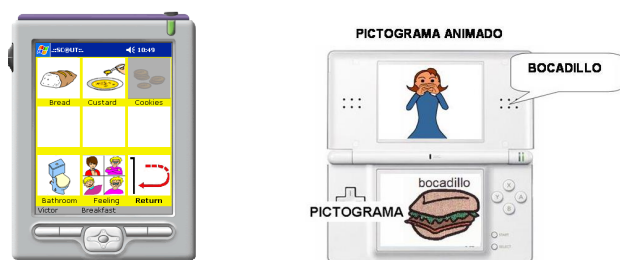


Figura 2-3 Comunicador Sc@ut para dispositivos pocket PC y Nintendo DS™.

Las versiones modernas del Comunicador Sc@ut actualmente están disponibles para su descarga de forma gratuita en la página web del proyecto [WebSc@ut].

Generador Sc@ut

La plataforma se complementa con el Generador Sc@ut [Fernández, 2009-a] (Figura 2-4), una aplicación diseñada para que los educadores pudieran crear y personalizar los sistemas de comunicación teniendo en cuenta el perfil de usuario y su forma de interactuar. Esta herramienta permitía realizar adaptaciones y modificaciones conforme el alumno iba progresando en su aprendizaje, de acuerdo a su evolución individual.

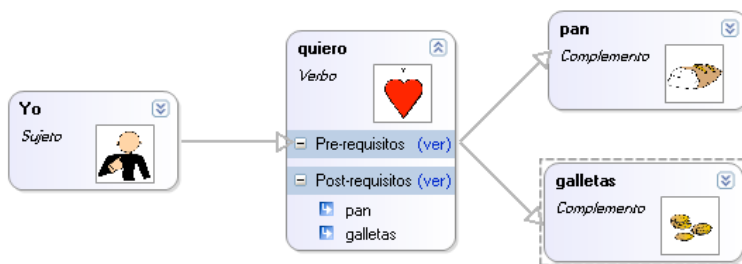


Figura 2-4 Generador Sc@ut: ejemplo de diseño del sistema hipermmedia.

El Generador Sc@ut fue desarrollado en sus orígenes como proyecto fin de carrera [Roldán, 2007], por Luz María Roldán y el autor de esta tesis, recibiendo un Accésit al premio “Mejor Proyecto Fin de Carrera” a nivel nacional, otorgado por el CESEI (Capítulo Español de la Sociedad de Educación del IEEE) [CESEI, 2008]. El Generador Sc@ut surgió con el objetivo de cumplir los siguientes requisitos:

- *Facilidad de uso:* Los tutores de las personas con discapacidad, padres o profesionales de la educación, que lo usarían debían ser lo más autónomos posibles, de tal forma que no requieran conocimientos avanzados de informática.
- *Flexibilidad/Versatilidad:* Se debía permitir personalizar los comunicadores, facilitando la reutilización de información y recursos (componentes, imágenes, sonidos, etc.).
- *Escalabilidad:* La plataforma Sc@ut se encontraba en constante evolución fruto de la experiencia de los profesionales que la estaban usando cada día en su aplicación real. Dicha evolución suponía normalmente modificaciones en la interfaz de usuario y en las informaciones manejadas (perfiles, plantillas, etc.), por lo que la herramienta en su diseño debe ser fácilmente adaptable y ampliable.

Son varios los aspectos que se debían tener en cuenta para hacer un comunicador y que podían ser configurados por el generador:

- 1) En primer lugar, era necesario conocer al usuario, y tener en cuenta algunas de sus características para determinar cómo debía ser su interacción con el comunicador (perfil de usuario).
- 2) Después, se debían considerar los escenarios en los que necesitaba comunicarse, qué objetos y acciones se correspondían con esos escenarios y qué relaciones se podían dar entre ellos (grafo de navegación entre objetos y acciones).
- 3) Por último, se debía observar cómo usaba el individuo el comunicador con el fin de poder extraer información para adaptar mejor el sistema al usuario (retroalimentación del sistema).

A continuación describimos cómo el Generador permitía la configuración de cada una de estas características.

Perfil de usuario

A la hora de mostrar en pantalla los diversos componentes de las plantillas de los distintos escenarios hay que tener en cuenta que algunos usuarios tienen limitaciones físicas o cognitivas para interactuar con los comunicadores. Para conseguir la máxima flexibilidad del sistema, de modo que sea realmente adaptable, el sistema define un perfil específico para cada usuario (Figura 2-5).

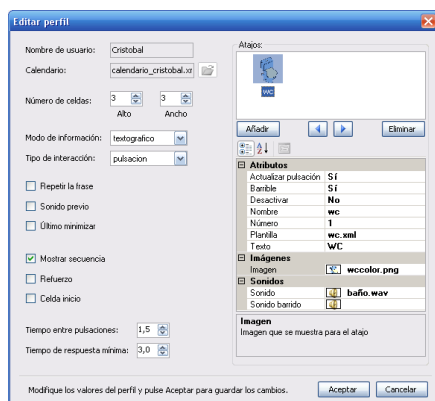


Figura 2-5 Personalización del perfil de usuario.

Aspectos que se recogen en el perfil de usuario son: el tipo de interacción (pulsación, pulsación resaltada, barrido y barrido mixto), la especificación del número de componentes (celdas) que aparecerán en pantalla en cada momento (ajustando su tamaño), la opción de mostrar texto junto a cada imagen, mostrar la secuencia de componentes seleccionados hasta el momento y/o escuchar su sonido, establecer el tiempo entre pulsaciones (para evitar errores de pulsación), el tiempo de espera para dar una respuesta, o incluir algunos componentes de forma automática en todas las plantillas (llamados atajos por ser usados de forma frecuente).

En la mayoría de los casos, el Generador Sc@ut podía ser empleado por un tutor o responsable de varias personas por lo que el perfil también recoge información personal de cada usuario: nombre, fotografía, calendario, plantillas asociadas, etc.

Dominio de conocimiento

En cada momento, la comunicación puede basarse en un dominio de conocimiento o mundo conceptual que variará dependiendo del escenario en el que se encuentre el usuario. Una de las principales características del Generador Sc@ut es que permite al tutor diseñar la red semántica del comunicador, correspondiente al dominio de conocimiento, mediante la elaboración de un grafo conceptual formado por conceptos y enlaces entre éstos (Figura 2-6).

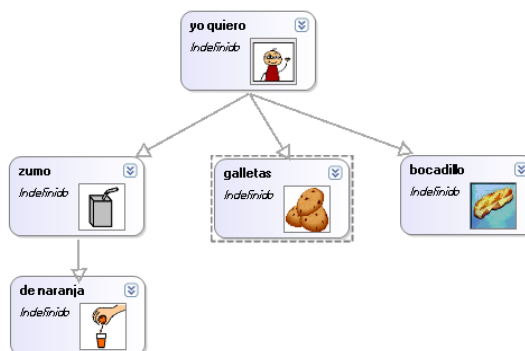


Figura 2-6 Diseño de plantillas a través de la creación de un grafo conceptual.

A cada concepto percibido, se le asocia al menos una imagen, sonido o texto que debe adaptarse al usuario. Las imágenes pueden ser pictogramas de cualquier lenguaje de símbolos, fotografías o dibujos que sean conocidos por el usuario. Los sonidos serán frases o palabras grabadas por personas (cercanas o no al usuario) o bien creadas con un sintetizador de voz. A los conceptos pueden asociárseles otras propiedades como el número de veces que pueden ser seleccionados, si se desactivan si este número se agota, etc.

La red conceptual puede construirse para permitir formular frases, establecer un conjunto de objetos que pueden ser pedidos o acciones que pueden ser realizadas en un escenario concreto, o crear unidades didácticas para su uso en clase en el proceso de aprendizaje del usuario.

El generador también permite al usuario crear plantillas simplemente escribiendo frases, en las que las palabras se etiquetan como sujeto, verbo o complemento (Figura 2-7).

	Componente 1	Componente 2	Componente 3	Componente 4	Componente 5
▶	yo	quiero	zumo	de naranja	
	yo	quiero	galletas		
	yo	quiero	bocadillo		

Figura 2-7 Edición de plantillas con frases.

Además, la herramienta permite la reutilización de elementos al incorporar una biblioteca en la que es posible almacenar aquellos conceptos más utilizados, junto con sus recursos multimedia (imágenes y sonidos) asociados. Para reutilizar un concepto es suficiente con arrastrarlo desde la biblioteca al tapiz donde se diseña el grafo conceptual y se creará un nodo nuevo que se podrá enlazar con la red.

Modelo Hipermedia

La red semántica se completa con unas reglas de navegabilidad. Hemos visto que pueden establecerse enlaces entre los distintos conceptos, los cuales ofrecen una visualización clara y sencilla de las reglas de navegación.

Para completar el modelo de navegación, para cada usuario y cada día de la semana, podía establecerse un *Calendario* (Figura 2-8) añadiendo actividades, asociándoles un horario (con hora de inicio y hora fin) y asignándoles una plantilla. El calendario ayuda al usuario a realizar una estructuración temporal y espacial.





















Lunes	 baño	 desayuno	 colegio	
Martes	 baño	 desayuno	 colegio	
Miércoles	 baño	 desayuno	 colegio	 montar_ca...
Jueves	 baño	 desayuno	 colegio	
Viernes	 baño	 desayuno	 colegio	 montar_ca...
Sábado		 desayuno	 montar_ca...	
Domingo		 desayuno		

Figura 2-8 Calendario de actividades para un usuario.

2.2.2 XTEC

XTEC (*Xarxa Telemàtica Educativa de Catalunya*/Red Telemática Educativa de Cataluña) [XTEC] es un portal donde se engloban multitud de servicios y recursos relativos al ámbito educativo. Entre los sistemas de ayuda a la enseñanza y la discapacidad, podemos destacar los trabajos de Joaquim Fonoll, asesor técnico docente de la Generalitat de Cataluña especializado en desarrollar y promover ayudas técnicas y adaptaciones de sistemas software para PC con el fin mejorar la comunicación y el aprendizaje de alumnos con discapacidad [Fonoll].

Entre estos sistemas se encuentran:

- *FACIL*: sistema automático de generación de ejercicios.
- *Adaptaciones Word*: conjunto de plantillas, barras de herramientas y macros que modifican la configuración del Word para simplificar el entorno y facilitar que los alumnos puedan trabajar con mayor eficacia y autonomía.
- *Adaptaciones PowerPoint*: sistemas de barrido con PowerPoint que no requieren otro programa.
- *Alfombras, "joysticks" y otros periféricos*: periféricos especiales que se pueden utilizar como acceso alternativo al ordenador o como plataformas para nuevas actividades educativas.
- *SiMuove*: juego de causa-efecto que muestra imágenes en la pantalla que van cambiando cuando las tocas.
- *Toca Toca*: programa de causa-efecto pensado para educar el control de las acciones mediante la interacción con el ordenador y de paso entrenar la comunicación con el mundo externo. Se trata de aprovechar las capacidades multimedia de los equipos para captar la atención, despertar el interés y educar el gesto voluntario.
- *Klik & Play*: programa para la creación de juegos de ordenador.

Además de estos desarrollos, forman parte de esta red telemática los proyectos *Fressa* y *Clic* (su versión más moderna, *JClic*, será analizado en el apartado de *Tecnologías para Educación* al tratarse de un programa de uso generalizado).

Proyecto Fressa

El *Proyecto Fressa* [ProyectoFressa] nació en el año 1998 con el objetivo de crear sistemas para ayudar a acceder al ordenador, por ejemplo, programas para ayudar a controlar el *mouse*, sistemas para ayudar a suplir carencias funcionales debido a la discapacidad,

programas comunicadores, sistemas para ayudar a desarrollar carencias sensitivas debido a la discapacidad, o como por ejemplo, visualizadores fonéticos.



Figura 2-9 Logotipo del *Proyecto Fressa*.

Actualmente hay multitud de aplicaciones desarrolladas:

- *Plaphoons*. Programa que sirve como comunicador y/o sistema para el aprendizaje de la lectoescritura dirigido a personas con discapacidad motora que carezcan de estas facultades (ver epígrafe siguiente).
- *Kanghooru*. Para realizar barrido automático en cualquier programa.
- *Teclado silábico*. Configurable para actuar como predictor de palabras
- *Platillos voladores*. Juego.
- *Pasa páginas* para leer libros, o ser leídos por el programa.
- *Mouse Joystick* para controlar el mouse mediante un joystick.
- *Screen Scanner* para realizar barrido del mouse en la pantalla.
- *Conversor Mouse Teclado*, convierte los clics del ratón en pulsaciones de teclado.
- *Navegador Web Hablado* y/o controlado por escaneo.
- *Reconocimiento de fonemas*, ejercicios mediante juegos para aprender a discriminar fonemas; y *reconocimiento de vocales*.
- *SDK: Motor de reconocimiento de sonidos*, DLL, y programas de ejemplo sobre como utilizarla, para programadores que quieran utilizar programas controlados por fonemas.

Plaphoons

De entre todas las aplicaciones mencionadas anteriormente, Plaphoons es seguramente la que más éxito ha tenido debido a su utilidad como herramienta de comunicación y para el aprendizaje de lectoescritura.

Se trata de un programa pensado y diseñado para personas con discapacidad motora. Su uso puede extrapolarse a otras personas con gran diversidad de necesidades educativas y sociales especiales. Está pensado para cualquier persona que no pueda utilizar el habla como medio de expresión inteligible. Las personas que necesitan sistemas alternativos al habla, suelen utilizar plafones (plantillas) o bien cuadernos de comunicación, donde hay el vocabulario básico para expresar el contenido de sus deseos y necesidades y el referente al manejo del sistema (pasa la página, cambia de tema, sigue...).

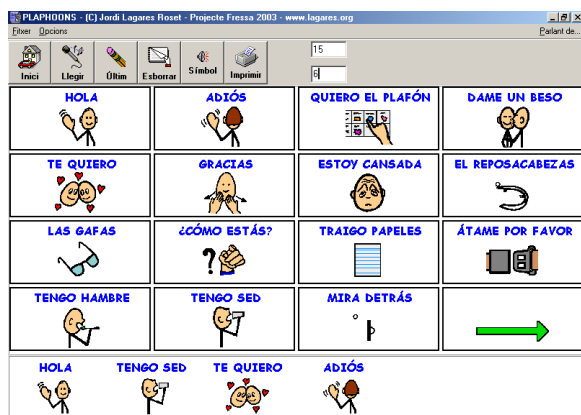


Figura 2-10 Aplicación *Plaphoons* y mensaje en la ventana principal.

2.2.3 Grace

Grace – *Picture Exchange for Non-Verbal People* [Grace] es una aplicación para soportar el llamado PECS o Sistema de comunicación basado en imágenes, en el que el usuario tiene a

su alcance decenas o cientos de fotografías agrupadas en categorías y que va seleccionando para comunicarse y construir sencillas frases.

Existe la opción de añadir más imágenes, que pueden provenir de la propia biblioteca de fotos del dispositivo o tomarse con la cámara. También podemos editar una categoría, eliminando imágenes de las existentes o cambiándolas de orden para, por ejemplo, poner en las primeras filas las que se usen más.

La versión 2.0 del software está en inglés y se encuentra disponible en el App Store a un precio de 19,99 €.

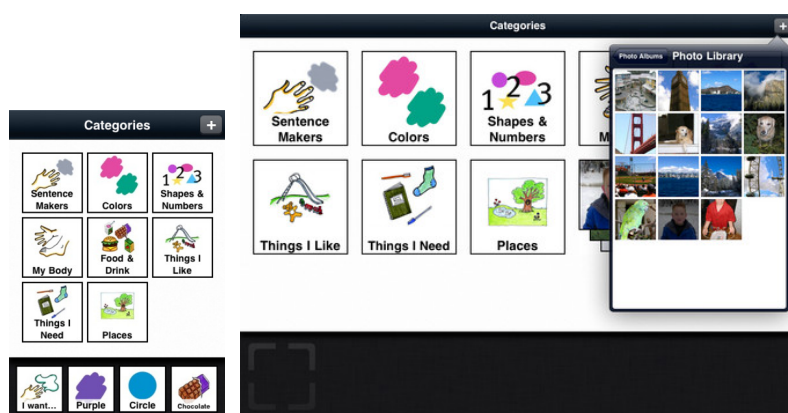


Figura 2-11 App Grace.

2.2.4 Proloquo2Go

AssistiveWare [AssistiveWare], empresa dedicada al desarrollo de software para personas con discapacidad, lanzó en 2009 un programa de comunicación para iPhone, iPad y iPod touch llamado Proloquo2Go [Proloquo2Go]. Entre sus características están:

- Síntesis de voz integrada.
- Comunicación basada en texto e imagen.
- Más de 6000 símbolos o iconos. Posibilidad de añadir imágenes o iconos.
- Fácil de usar, con multitud de opciones de personalización.
- Muchas características novedosas para facilitar y acelerar su comunicación.

Al igual que en el caso anterior, parece que sólo está disponible en inglés, aunque el sistema es bastante configurable y potente. Se encuentra disponible en el App Store a un precio de 139,99 €, un precio bastante elevado para lo habitual en un app de esta tienda.



Figura 2-12 Proloquo2Go para iPhone y iPad.

Proloquo2Go hace uso de la tecnología de síntesis de voz de Acapela Group [Acapela], una empresa dedicada a dar soluciones de voz a los productos y servicios de otras empresas: navegación, interacción por voz, soluciones de accesibilidad, e-learning, webs “parlantes”, audio-libros, etc.

Entre sus productos incluye Acapela for iPhone, un producto destinado a desarrolladores de aplicaciones para iPhone y iPod touch que quieran incluir síntesis de voz en sus aplicaciones. Entre las múltiples empresas internacionales que son clientes de este grupo destacan empresas de telecomunicaciones como Telefónica o de ayuda a la discapacidad como la ONCE. Como principales características se encuentran:

- API de alto nivel en Objective-C (el lenguaje de programación para iPhone y iPad).

- Voces naturales con la posibilidad de elegir entre voz masculina o femenina.
- Multilenguaje: soporte para 17 lenguas distintas (33 voces disponibles).
- Dos formatos de voces: de alta calidad (HQ TTS) o Low Footprint (25MB/voz).
- Configuración de velocidad y volumen de la voz.
- Salida por altavoz o a fichero.

Como ejemplo de otra tecnología de síntesis de voz para dispositivos móviles tenemos Flite [Flite]. Flite (Festival Lite) es un TTS Engine pequeño y rápido desarrollado por Carnegie Mellon University's Speech Group [CMUSpeechGroup], diseñado inicialmente para su uso en sistemas empujados. Está basado en Festival [FestivalProject], un sistema de síntesis de voz libre y multilenguaje de la Universidad de Edimburgo. La release 1.3 de Flite ofrece:

- Código completamente en C para facilitar portabilidad, tamaño y prestaciones.
- Re-implementación del núcleo de la arquitectura de Festival.
- Dispositivos de destino: iPaq (Linux, Windows CE), Palm OS (treo) o empujados más pequeños.

2.2.5 Tobii Sono Flex

Tobii Sono Flex [TobiiSonoFlex] es un programa AAC para iPhone y iPad creado por la empresa Tobii y con una propuesta similar a la de Proloquo2Go:



Figura 2-13 Tobii Sono Flex para iPad.

Su coste en el App Store no es tan elevado como el de Proloquo2Go, pero asciende a 79,99 €.

2.2.6 Emintza

E-Mintza [EMintza] es un programa de descarga gratuita que presenta un tablero de comunicación con pictogramas o imágenes y sonidos asociados que permiten una comunicación directa y sencilla. El tablero es fácilmente personalizable en cuanto a la lengua utilizada, textos, imágenes, vídeos o sonidos, en función de las necesidades del usuario, quien podrá interactuar preferentemente a través de una pantalla táctil en un dispositivo tipo tablet, pero también a través del ratón en el caso de una pantalla de ordenador no táctil.



Figura 2-14 E-Mintza.

El programa se compone de dos aplicaciones:

- e-Mintza: se conforma como un tablero de comunicación con varias categorías básicas. Al pulsar sobre cada categoría se abre una nueva pantalla en la que se presentan una serie de pictogramas asociados a un sonido, de forma que al pulsar en cada pictograma la voz envía el mensaje directo asociado. Por ejemplo, en la categoría Comidas, se ofrecen distintos platos y alimentos y el usuario puede elegir entre todos ellos (representados por fotografías o pictogramas).
- Herramienta de autor: desde la cual, el tutor (familiar, terapeuta o similar) o el mismo usuario, en su caso, podrán personalizar e-Mintza y crear el comunicador adaptado a las necesidades específicas de cada uno. Pudiéndose añadir o editar en cada categoría, de forma sencilla, nuevos pictogramas, fotografías o sonidos. Cada actualización que se realice desde la herramienta de autor se verá automáticamente reflejada en la aplicación e-Mintza.

E-Mintza, además de funcionar sobre diferentes dispositivos táctiles y no táctiles (tablets, portátiles, ordenadores de sobremesa, etc.), es también multiplataforma, dado que está preparado para funcionar sobre Windows, MacOS y Linux (en los tablet PC, existentes con Windows y con Android a partir de la versión 2.2) y se apoya en la plataforma Adobe Air.

2.2.7 Proyecto Azahar

El Proyecto Azahar [Azahar], desarrollado por el Grupo de Autismo y Dificultades del Aprendizaje del Instituto de Robótica de la Universidad de Valencia, con el impulso de la Fundación Orange, tiene como objetivo elaborar un conjunto de aplicaciones de comunicación, ocio y planificación que, ejecutadas a través del ordenador y/o el teléfono móvil, ayuden a mejorar la calidad de vida y la independencia de las personas con autismo y/o con discapacidad intelectual. No obstante, puede ser útil para otras personas que encuentren dificultades para acceder a los dispositivos convencionales, en general, para cualquier persona con necesidades de apoyo.



Figura 2-15 Comunicador Hola del proyecto Azahar.

Azahar puede adaptarse a las preferencias y la complejidad que pueda manejar la persona que lo vaya a utilizar. Así, se pueden escoger los contenidos que presenta (pictogramas, imágenes, sonidos, colores) y también su nivel de complejidad en función de las necesidades de la persona que lo utiliza, pudiendo utilizarse además fotos de las propias personas y de sus familiares, así como sus voces.

Los tutores pueden configurar el ordenador y/o teléfono y sus aplicaciones para que el usuario pueda obtener el máximo beneficio. Azahar está basado en la tecnología Java y funciona en ordenadores con sistema operativo Windows XP y Windows Vista y está disponible una versión para dispositivos móviles Windows Mobile 5 y 6.

2.3 Tecnologías en Educación

En los últimos años se han desarrollado múltiples entornos interactivos a modo de herramientas de aprendizaje basadas en juegos y tecnología multimedia. Aunque estos sistemas no han sido diseñados para alumnos con NEE su uso es bastante extendido. En este apartado describiremos las características de varios de los sistemas analizados y con los que pretendemos cubrir los principales perfiles de herramientas existentes en la actualidad:

- Dispositivos electrónicos comercializados por la empresa VTech.
- Plataformas para el aprendizaje a través de PC o de la Web: Pipo Juegos Educativos.
- Plataformas que incluyen herramientas de autor: Proyecto Clic y Hot Potatoes.
- Tecnologías de aprendizaje cooperativo soportado por ordenador (CSCL).
- Aplicaciones para el aprendizaje con dispositivos móviles.

2.3.1 Juguetes y juegos educativos

VTech

VTech es una marca reconocida mundialmente como especialista en juguetes educativos electrónicos. Disponen de una amplia gama de juguetes con el fin de atender a las inquietudes de usuarios de un amplio rango de edades: bebe/infantil, preescolar y diferentes segmentos para mayores de 6 años.



Figura 2-16 Productos de VTech para lectoescritura: *Pizarra creativa* y *Aprende a leer*.

Sus productos se podrían clasificar también en tres grupos: dispositivos electrónicos interactivos (Figura 2-16), consolas de videojuegos y pequeños ordenadores (Figura 2-17).



Figura 2-17 Consola V.Smile (izquierda), su versión portátil V.Smile Cyber Pocket (centro) y ordenador portátil Genio (derecha).

Pipo Juegos Educativos

Pipo [PipoClub] es un personaje ficticio de videojuegos de carácter infantil y educativo desarrollados por la editorial Santillana. Su apariencia física es la de un niño pequeño, y en la saga de videojuegos que lleva su nombre, es el protagonista y el guía de los jugadores en las actividades educativas.

Se trata de una gama productos de pago que pueden adquirirse en CD-ROM o descargarse de forma digital desde la Web del producto.



Figura 2-18 Software educativo Aprende con Pipo de Santillana.

2.3.2 Aplicaciones de creación de contenidos

Proyecto Clic

El proyecto Clic [Clic] es un entorno de generación de actividades educativas que se empezó a crear en 1992, siendo utilizado internacionalmente, gracias a su fácil adaptación al usuario. Zona Clic, lugar donde se pueden encontrar los programas para el usuario y para los profesores, es un servicio del Departamento de Educación de la Generalitat de Cataluña creado con el objetivo de dar difusión y apoyo al uso de estos recursos, y ofrecer un espacio de cooperación abierto a la participación de todos los educadores/as que quieran compartir los materiales didácticos creados con el programa.

Aunque no es un videojuego como tal, ni siquiera un juego, se puede considerar un buen ejemplo de uso del ordenador como instrumento para el aprendizaje, y por lo tanto como una plataforma para el desarrollo de unidades didácticas utilizando tecnología multimedia.

Clic está formado por un conjunto de aplicaciones informáticas que sirven para realizar diversos tipos de actividades educativas: rompecabezas, asociaciones, ejercicios de texto, palabras cruzadas, etc. Las actividades no se acostumbran a presentar solas, sino empaquetadas en proyectos. Un proyecto está formado por un conjunto de actividades y una o más secuencias, que indican el orden en que se han de mostrar.

La versión más moderna de Clic es el programa JClic, proyecto de código abierto desarrollado en la plataforma Java, por lo que funciona en diversos entornos y sistemas operativos. JClic está formado por dos herramientas:

- JClic Player: JClic Player (ver Figura 2-19, izquierda) es la herramienta que ejecuta las actividades realizadas con JClic Author en el navegador por defecto del ordenador y por tanto el componente de JClic que será utilizado por los alumnos para trabajar con ellas. También permite crear Bibliotecas donde clasificar los proyectos que vayas instalando en tu ordenador.

- JClíc Author: JClíc Autor (ver Figura 2-19, derecha) permite abrir un proyecto existente, modificarlo o crear uno nuevo. Para comenzar a crear actividades se debe definir, en primer lugar, el proyecto donde se albergará. Cada proyecto es una secuencia de actividades que siguen una temática común.

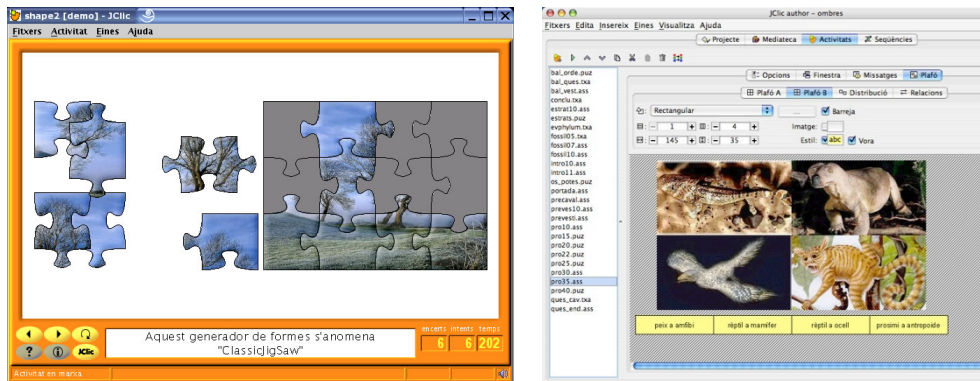


Figura 2-19 Haciendo un puzzle con JClíc en Linux y editando una asociación con JClíc Author en Mac OS X.

Una de los aspectos más interesantes de JClíc es que la plataforma ofrece un repositorio creado con las actividades o proyectos desarrollados por particulares para que puedan ser compartidos.

Las distintas actividades que se pueden encontrar en JClíc se pueden agrupar en las diferentes familias: Asociación, Sopa de letras, Crucigramas y Texto.

Asociación

- *Normal*: Se presentan dos conjuntos con el mismo número de elementos. A cada elemento del conjunto imagen le corresponden un elemento del destino. El alumno debe indicar la asociación entre elementos.
- *Compleja*: Esta vez los conjuntos pueden tener distinto número de elementos y se pueden dar distintos tipos de relaciones.

- *Identificación:* Se presenta un solo conjunto de elementos y se debe hacer clic en ciertos elementos que cumplan una determinada condición.
- *Exploración:* Se muestra una información inicial constituida por elementos y al hacer clic en cada uno de ellos aparece mas información.
- *Respuesta escrita:* Se muestra un conjunto de información y hay que escribir el texto correspondiente a cada uno de sus elementos.

Sopa de letras

- *Normal:* Debemos encontrar las palabras escondidas en una parrilla de letras.
- *Contenido Asociado:* Igual que el caso anterior, pero ofrece la posibilidad de ir desvelando un elemento de un conjunto de información.

Crucigramas

Hay que ir rellenando el panel de palabras a partir de sus definiciones, que pueden ser textuales, gráficas o sonoras. El programa muestra automáticamente las definiciones de dos palabras que se cruzan en la posición donde se encuentre el cursor en cada momento.

Texto

- *Rellenar agujeros:* en un texto se seleccionan determinadas palabras, letras y frases que se esconden o se camuflan. Se deben completar los agujeros del texto de manera coherente.
- *Completar texto:* En un texto se hacen desaparecer determinados elementos y debemos reconstruirlos.
- *Identificar letras:* El usuario debe señalar con un clic del ratón las letras, cifras, o símbolos que cumplan una determinada condición.
- *Ordenar palabras:* Se ordenan un conjunto de palabras que se le muestran al usuario.
- *Ordenar párrafos:* similar al anterior, pero con párrafos completos.

Hot Potatoes

Hot Potatoes [HotPotatoes] consiste un conjunto de seis herramientas de autor que permiten elaborar ejercicios interactivos basados en páginas Web de seis tipos básicos.

Para profesores que utilicen el programa sin ánimo de lucro, Hot Potatoes es gratis. No obstante es necesario registrar el programa para ello disponer de la funcionalidad completa y no tener limitaciones como el número de preguntas que se pueden poner en un ejercicio, etc.

Descripción de los Componentes de Hot Potatoes:

- JBC: creación de ejercicios de elección múltiple. Cada pregunta puede tener tantas respuestas como se quiera y cualquier número de ellas pueden ser correcta. En contestación a cada respuesta se da al alumno una retroalimentación específica y aparece el porcentaje de aciertos cada vez que se selecciona una respuesta correcta. Tanto en JBC como en el resto de los programas es posible incluir una lectura que el alumno efectuará antes de realizar los ejercicios.
- JCloze: generación ejercicios de rellenar huecos en un texto. El alumno puede pedir ayuda si tiene dudas y se le mostrará una letra de la respuesta correcta cada vez que pulse el botón de ayuda.
- JCross: creación de crucigramas. Como en JQuiz y JCloze, un botón de ayuda permite el alumno solicitar una letra en el caso de que la necesite.
- JMatch: creación de ejercicios de emparejamiento u ordenación. Una lista de elementos aparecen en la izquierda (estos pueden ser imágenes o texto), con elementos desordenados a la derecha. Esta aplicación puede ser usada por ejemplo para emparejar vocabulario con imágenes o traducciones, o para ordenar sentencias que forman una secuencia o una conversación.
- JMix: crea ejercicios de reconstrucción de frases o párrafos a partir de palabras desordenadas. Es posible especificar tantas respuestas correctas diferentes como

se quiera basadas en palabras y signos de puntuación de la frase base. Se puede incluir un botón que ayude al alumno con la siguiente palabra o segmento de la frase si lo necesita.

2.3.3 Aprendizaje cooperativo soportado por ordenador

Cuando los ordenadores son introducidos en el aprendizaje colaborativo emerge el área del *Aprendizaje Colaborativo Soportado por Ordenador* o CSCL (Computer Supported Collaborative Learning), que se centra en cómo la colaboración y la tecnología facilitan el intercambio y distribución de conocimiento a través de los miembros del grupo [Lipponen, 2002]. Se trata de un tipo especial de trabajo cooperativo o *Computer-Supported Cooperative Work* (en adelante lo denominaremos por su acrónimo: CSCW) es un término referido al trabajo entre grupos de personas que colaboran entre sí mediante redes de computadores.

La mayoría de las actividades CSCL incorporan ordenadores personales que sirven de apoyo en el entorno de aprendizaje y median en las interacciones sociales entre los miembros del grupo [Zurita, 2007] [Cortez, 2004]. Los dispositivos móviles representan una nueva posibilidad para el aprendizaje colaborativo de los alumnos [Dos Reis, 2009-a], gracias a sus características inherentes: portabilidad, movilidad, conectividad, accesibilidad, y adaptabilidad [Pownell, 2000].

En concreto, el *Aprendizaje Colaborativo soportado por dispositivos móviles* (Mobile Computer Supported Collaborative Learning, MCSCCL) es un campo de rápido crecimiento centrado en descubrir, describir y documentar la eficacia de los diseños específicos para el uso de dispositivos móviles para el aprendizaje, en un entorno de colaboración [Dos Reis, 2009-b][Roschelle, 2005]. Un beneficio clave del aprendizaje móvil [Upadhyay, 2006] es el potencial para incrementar la eficacia cuando el aprendizaje debe hacerse "en cualquier lugar" y "en cualquier momento" [Cabrera, 2004] [Tatar, 2003] [Hu, 2007].

La movilidad proporciona autonomía y permite a los miembros del grupo tener el control físico del hardware, lo que ayuda a la coordinación y la interactividad en su trabajo

de colaboración, ya que pueden llevar los dispositivos mientras establecen una interacción cara a cara.

Existen varias aplicaciones que permiten la colaboración móvil. A modo de ejemplo:

- En [Cortez, 2004] se propone un sistema MCSCL para dar soporte a profesores haciendo uso de dispositivos PDA conectados de forma inalámbrica. Este tipo de sistemas fomentan la colaboración entre estudiantes sin perder el contacto cara a cara.
- En [Zurita, 2004], se presenta una aplicación de aprendizaje colaborativo para las matemáticas y el lenguaje, siguiendo un método de trabajo en grupo requerido para su uso.

2.3.4 Apps móviles

Las tecnologías móviles han revolucionado el ámbito tecnológico en general y han hecho que el mercado para el software y las aplicaciones (o *Apps*) se haya incrementado exponencialmente en este sector. Este aumento también se ha traducido en un aumento en la diversidad, siendo destacable la enorme repertorio de aplicaciones existentes para el sector educativo. Las apps móviles están demostrando ser una excelente manera de proporcionar contenido educativo, tanto en términos de popularidad como de disponibilidad [Shuler, 2012]:

- Cerca del 80% de las apps de pago que figuran entre las 10 más descargadas están dirigidas a niños.
- En el año 2009 casi el 47% de las apps más vendidas iban dirigidas a preescolar o primeros ciclos de educación primaria. Este número se ha venido incrementando hasta llegar al 75%.
- El porcentaje de apps dirigidas a niños y jóvenes se ha incrementado en cada categoría de edad y a su vez, va disminuyendo en adultos.

A continuación se describirán algunos exponentes de este sector en crecimiento: *Preschool Adventure*, *Match Magic* y *iWriteWords*, *ShapeBuilder* o *FirstWords*.

Preschool Adventure

Preschool Adventure es una aplicación para iPhone/iPod touch desarrollada por *3D All* que contiene 6 actividades simples enfocadas a pre-escolares: *Ocean colors*, *Space shapes*, *Monkey body*, *Farm sounds*, *Animal matching* y *Dot-to-Dot Numbers*. El objetivo de estas actividades es enseñar formas, colores, números, etc. El juego está en inglés y cuesta 0,79 € en la App Store.



Figura 2-20 *Preschool Adventure*.

Match Magic

Match Magic es una aplicación para iPhone/iPod touch pensada para que niños de entre 3 y 5 años aprendan colores, formas, números, dibujos, etc. Para ello, el niño debe asociar imágenes tocando y arrastrando desde la izquierda a la derecha.



Figura 2-21 Match Magic: vistas “números” y “colores”.

La aplicación posee un diseño simple y promete refuerzo positivo con sorpresas y recompensas cuando se asocian todas las imágenes. Se encuentra en inglés y merece la pena destacar que se puede cambiar de conjunto de asociaciones agitando el dispositivo. Cuesta 0,79 € en el App Store.

iWriteWords

La aplicación iWriteWords ayuda a que los alumnos aprendan a escribir mientras juegan. Se centra en el deletreo de las palabras y está disponible por 1,59 €.

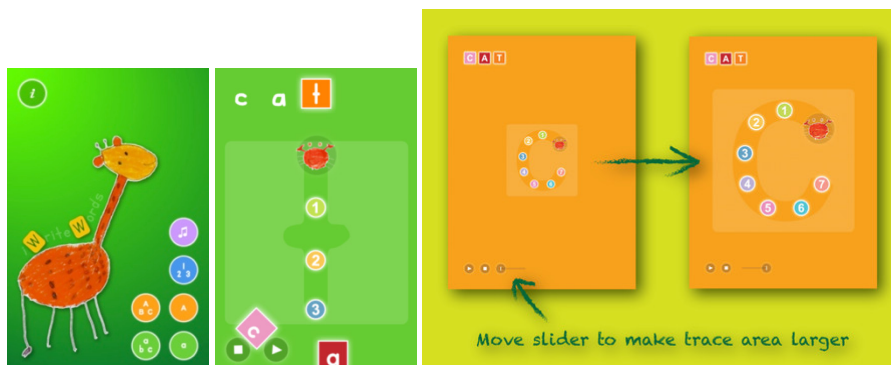


Figura 2-22 El juego de lectoescritura iWriteWords.

Shape Builder

La aplicación *Shape Builder - the Preschool Learning Puzzle Game* (Figura 2-23, izquierda) ofrece unos 140 puzzles con 5 ó 10 piezas fáciles de mover que se ensamblan sobre la silueta de una imagen. Está orientado a niños de entre 3 y 6 años y se encuentra disponible en el App Store a un precio de 0,79 €.

First Words

La aplicación *First Words* (Figura 2-23, derecha) está orientada a que los niños aprendan palabras, su pronunciación y el de las letras que la componen mientras juegan a ordenar las letras de las palabras a la vez que desarrollan habilidades motoras. Existen varias versiones temáticas, pudiéndose adquirir a 1,59 € en el App Store.

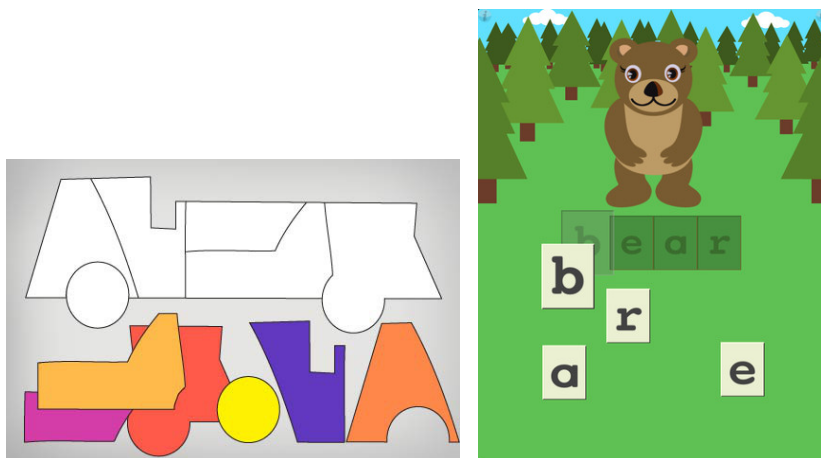


Figura 2-23 El juego de puzzles Shape Builder (izquierda) y la app First Words (derecha).

2.4 Necesidad de nuevas propuestas para Educación Especial

Como hemos visto a lo largo de este capítulo, existen algunos entornos destinados a la generación de actividades educativas, como es el caso del proyecto JClíc, el cual está orientado a la creación de actividades como rompecabezas, asociaciones, ejercicios de texto, etc. También existen sistemas de juegos educativos como Pipo, con juegos para aprender letras o vocabulario, reconocer imágenes o colores y aprender a sumar.

En cuanto a los sistemas utilizados para el apoyo en la enseñanza de alumnos con NEE, hemos podido constatar cómo a pesar de incluir características especialmente diseñadas para este tipo de usuarios, sus funciones tienden a estar limitadas al desarrollo de la comunicación, dejando sin cubrir otras áreas de interés en el desarrollo de todo alumno. En contraposición, las apps móviles analizadas sí trabajan otras áreas de interés como la lectoescritura, la memoria, la coordinación óculo-manual, etc. pero no han sido diseñadas para ser usadas por alumnos con NEE. Así, la mayoría de las herramientas analizadas presentan alguna de las siguientes limitaciones:

- Sólo permiten crear actividades que se usen de forma individual.
- O bien no proporcionan mecanismos de adaptación a usuarios con necesidades especiales, al estar más enfocadas a educación infantil o primaria.
- O los dispositivos donde se implementan son ordenadores de sobremesa, los cuales pueden producir poco interés para el alumno y le limitan a estar siempre en el mismo lugar, reduciendo el entorno educativo a un aula y restringiendo el acceso a aquellos alumnos con dificultades en la movilidad.

Además de estas carencias principales, existen otras como son la falta de traducción al castellano o su poca viabilidad como herramienta de aprendizaje al estar más enfocada a

otros aspectos. En la Tabla 2-1 se recogen los resultados detallados de la comparativa entre los sistemas comentados:

Tabla 2-1 Características de los sistemas analizados.

	AAC	Adaptación al usuario	Adaptación de contenidos	Movilidad	Cambios sobre la marcha	Idioma (English/Español)	Actividades en grupo	Otros contenidos educativos
Sc@ut	Sí	Sí	Sí	Sí	No	ES	No	No
Materiales XTEC	Sí	Sí	Sí	No	No	ES	No	Sí
Proyecto Fressa	Sí	Sí	Sí	No	No	ES	No	Sí
Grace	Sí	No	Limitada	Sí	Sí	EN	No	No
Proloquo2Go	Sí	No	Sí	Sí	Sí	EN	No	No
Tobii Flex	Sí	No	Sí	Sí	Sí	EN	No	No
Azahar	Sí	Sí	Sí	Sí	No	ES	No	No
E-Mintza	Sí	Sí	Sí	Sí	No	ES	No	No
VTech (*) según producto	No	No	No	Sí*	No	ES	Sí*	Sí
Pipo	No	No	No	No	No	ES	No	Sí
Hot Potatoes	No	No	Sí	No	No	ES	No	Sí
JClic	No	No	Sí	No	No	ES	No	Sí
Preschool Adv.	No	No	No	Sí	Sí	EN	No	Sí
Match Magic	No	No	No	Sí	Sí	EN	No	Sí
iWriteWords	No	No	Sí	Sí	Sí	EN	No	Sí
Shape Builder	No	No	Sí	Sí	Sí	EN	No	Sí
First Words	No	No	Sí	Sí	Sí	EN	No	Sí

En la tabla aparecen resaltados en color los requisitos que cubre cada alternativa. Así, podemos observar que:

- Algunos productos de VTech como las consolas de videojuegos portátiles que venden permiten el uso en grupo de juegos educativos, pero no incluyen mecanismos de adaptación.
- Otros sistemas como JClic o Hot Potatoes que sí incluyen estos mecanismos, sólo permiten el uso individual y sobre PC.
- Prácticamente lo mismo ocurre con los desarrollos de la red telemática XTEC y del Proyecto Fressa, los cuales sí tienen en cuenta las necesidades especiales de los usuarios pero no están diseñados para el trabajo en grupo ni para ofrecer movilidad.
- Otras alternativas de app móviles especialmente diseñadas para educación, como First Words o Shape Builder inciden en aspectos muy interesantes y de utilidad en el aula, pero carecen de funciones para personalizar los contenidos que ofrecen, limitando su uso por parte de alumnos con NEE.
- De las opciones para dispositivos móviles, iWriteWords y Proloquo2Go incorporan mecanismos de adaptación de contenidos, pero una vez más carecen de otras características que consideramos fundamentales.
- Por último, plataformas como Sc@ut, proyecto Azahar o E-Mintza incluyen la mayoría de las características deseadas salvo la posibilidad de trabajar en grupo, además de estar más centradas en el desarrollo del lenguaje y la comunicación y no ofrecen otros contenidos de interés para la enseñanza.

2.5 Conclusiones

Las TIC pueden ser una buena herramienta para afrontar los retos derivados de la enseñanza de alumnos con NEE y crear actividades educativas útiles en este entorno tan

complejo. Sin embargo, tal y como demuestran los resultados, resulta necesario proponer alternativas de sistemas de apoyo en el aula que ayuden a superar las deficiencias cognitivas y que hereden las características que tan buenos resultados dieron en proyectos como Sc@ut: la capacidad de adaptación a las necesidades e inquietudes del usuario, la portabilidad y la accesibilidad.

Por otra parte, en los últimos años se ha creado una amplia variedad de apps móviles para educación, diseñadas para desarrollar contenidos curriculares específicos y habilidades en los estudiantes.

Estas aplicaciones desarrollan diversas habilidades de interés desde el punto de vista de la educación, tales como: matemáticas, lenguaje, lectura, escritura, memoria, conciencia medioambiental, habilidades afectivas o sociales, entre otras. Sin embargo, a pesar de la existencia de tal diversidad de aplicaciones educativas, su uso con alumnos con NEE se encuentra limitado en muchos casos porque tales herramientas no fueron diseñadas específicamente o adaptadas para este tipo de usuarios.

Así, de manera significativa, mientras que la oferta de software educativo sólo ha crecido y diversificado, las herramientas de apoyo más específicas han seguido la misma tendencia consistente en centrarse sólo en la comunicación, olvidando que en el proceso de aprendizaje de cualquier estudiante deben desarrollarse otras capacidades que atiendan a otros aspectos tales como: aprendizaje de causa y efecto, estimulación cognitiva, desarrollo de la memoria, asociación de ideas, planificación de tareas, coordinación motora, etc.

Por tanto, queda patente que existe un cierto perfil de herramienta no cubierto por la oferta de sistemas existentes, una herramienta **móvil** que permita la **creación** y **adaptación** de **contenidos educativos** para desarrollar diferentes **competencias educativas** (lenguaje, matemáticas, memoria, habilidades sociales) y que ofrezca alternativas para el **trabajo en grupo** de los alumnos.

Referencias del capítulo

- [Acapela] Acapela, compañía especializada en sistemas TTS:
<http://www.acapela-group.com>
- [Azahar] Proyecto Azahar, <http://www.proyectoazahar.org>
- [CESEI, 2008] Premios CESEI 2008: <http://remo.det.uvigo.es/ceseipremios/>
- [Clic] Zona Clic: Recursos e información sobre Clic: <http://clic.xtec.cat/es/index.htm>
- [CMUSpeechGroup] Grupo de investigación sobre tecnologías del habla de la Carnegie Mellon University: <http://www.speech.cs.cmu.edu>
- [EMintza] Proyecto e-mintza, <http://fundacionorange.es/emintza.html>
- [Fernández, 2009-a] Fernández, A., Roldán, L.M., González, J.L., Rodríguez, M.J., Hurtado, M.V., Medina, N. *Generador Sc@ut: Sistema de Creación de Comunicadores Personalizados para la Integración*. IEEE-RITA - Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje. Vol.4, Num.3. pp: 199-205. 2009.
- [FestivalProject] Proyecto de TTS Festival: <http://www.cstr.ed.ac.uk/projects/festival/>
- [Flite] Proyecto de TTS Flite: <http://www.speech.cs.cmu.edu/flite/index.html>
- [Fonoll] Web de Joaquim Fonoll en XTEC: <http://www.xtec.cat/~jfonoll/index.htm>
- [Grace] Grace app para iOS: <http://www.graceapp.com>
- [HotPotatoes] Web de la herramienta Hot Potatoes: <http://hotpot.uvic.ca>
- [Hurtado, 2005] Hurtado, M.V., Medina, N., García-Cabrera, L., Rodríguez, M.L. *An Augmentative Communication System Based on Adaptive Evolutionary Hypermedia System*. EUROCAST 2005: Lecture Notes in Computer Science, Vol-3643, 223-228. 2005.

- [INESalud] Encuestas EDDS (1999) y EDAD (2008). Instituto Nacional de Estadística (INE): <http://www.ine.es>
- [Paredes, 2006] Paredes, M. D., Rodríguez, M. J., González, M., López, E. *A Platform for Creating Adaptive Communicators*. 10th International Conference on Computers Helping People with Special Needs. Lecture Notes in Computer Science, Vol-4061, 847–854. 2006.
- [PipoClub] Aplicación interactiva “Juega y Aprende con Pipo”, editorial Santillana: <http://www.pipoclub.com/santillana/>
- [Pownell, 2000] Pownell, D., Bailey, G. Handheld computing for educational leaders: A tool for organizing or empowerment. *Leading & Learning with Technology*, 27(8), 46-49, 59- 60. 2000.
- [Proloquo2Go] Web de la aplicación Proloquo2Go: <http://www.proloquo2go.com>
- [ProyectoFressa] Web de Jordi Lagares, uno de los autores del Proyecto Fressa: <http://www.xtec.cat/~jlagares/indexcastella.htm>
- [Rodríguez, 2009] Rodríguez, M.J., González, J.L., Fernández, A., Entrena, M, Hornos, M.J., A. Pérez,Carrillo, A., Barragán, L. *Sc@ut: Developing Adapted Communicators for Special Education*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 1(1), pp: 1348-1352. 2009.
- [Roldán, 2007] Roldán, L.M., Fernández, A. *Diseñador gráfico de un creador de plantillas para comunicador Sc@ut*. Proyecto Fin de Carrera Titulación Ingeniería Informática. Dirigido por Nuria Medina Medina y María Visitación Hurtado Torres. 2007.
- [TobiiSonoFlex] Tobii Sono Flex Software, <http://www.tobii.com/assistive-technology/global/products/software/sono-flex/>
- [WebSc@ut] Portal del proyecto Sc@ut: <http://asistic.ugr.es/scaut>
- [XTEC] Web de la Red Telemática Educativa de Cataluña: <http://www.xtec.cat>

Requisitos y enfoque metodológico

3.1 Introducción

En los capítulos anteriores ha quedado constatada la necesidad de diseñar nuevos sistemas software de apoyo a la educación que incorporen una serie de requisitos muy específicos.

Así, una vez analizada la realidad social y educativa de los procesos de aprendizaje con alumnos con NEE, el marco teórico existente a nivel psicopedagógico y las propuestas de software existentes, debemos estudiar el marco teórico y el contexto desde una perspectiva tecnológica y de la ingeniería.

En este sentido, se presentan dos principales áreas de estudio: una a nivel de diseño de software y otra a nivel de metodología y proceso de desarrollo.

En primer lugar, a partir de los análisis realizados en capítulos anteriores podemos concluir que cualquier sistema de mobile learning que pretenda dar solución a una problemática relativa a alumnado con NEE deberá cumplir con unos requisitos no funcionales muy característicos. En concreto, será necesario estudiar las alternativas a nivel de diseño del software que permitan obtener sistemas que den soporte a los siguientes requisitos:

- **Movilidad.** Creando sistemas que faciliten el uso por parte de los usuarios en diferentes contextos y se integren de forma transparente en su día a día. Tal y como señala Mark Weiser en uno de sus trabajos más populares: *“Las tecnologías*

más profundas son las que desaparecen. Ellas se entretajan en el entorno que envuelve nuestra vida cotidiana hasta que no se distinguen de ella” [Weiser, 1991].

- **Usabilidad y accesibilidad.** Se trata de dos enfoques que se refuerzan mutuamente, interesantes siempre en cualquier desarrollo de un sistema software, se vuelve imprescindible en el ámbito que nos ocupa. Esta importancia viene derivada en primer lugar por la tipología de los usuarios que emplearían los sistemas, quienes como ya se vio en el Capítulo 1 presentan una amplia diversidad a nivel de capacidades, conductas, preferencias, etc. El software deberá adecuarse a estas características y no introducir ninguna barrera a nivel cognitivo que dificulte su adopción por parte de los usuarios. El objetivo a lograr en este caso es la denominada *usabilidad universal*, la cual pretende que nadie se vea limitado en el uso de algo por causa de esas diferencias. Es necesario evitar diseñar solamente atendiendo a características de grupos de población específicos, imponiendo barreras innecesarias que podrían ser evitadas prestando más atención a las limitaciones de éstos [Abascal, 2001]. Además, el sistema también deberá ser usado por educadores para la creación de contenidos, por lo que también deberá ser usable como herramienta de autor.
- **Adaptabilidad.** La enseñanza adaptativa se basa en la idea de adaptar los métodos y contenidos de enseñanza a los estilos de aprendizaje de los alumnos; un método individualizado de enseñanza ayudará a aprender más rápido, de un modo mucho más eficaz y con un grado de comprensión elevado. La enseñanza adaptativa es muy ventajosa para alumnos con necesidades educativas especiales o modos de conocimiento muy específicos.

En este contexto, la información ubicua parece mostrarse como una nueva posibilidad. El desarrollo de un ambiente de estudio ubicuo combina las ventajas de un ambiente de enseñanza adaptativa con los beneficios de la informática ubicua y la flexibilidad de los dispositivos móviles. Los estudiantes tienen la libertad de aprender dentro de un ambiente de aprendizaje que les ofrece la adaptabilidad a sus necesidades individuales y a sus estilos de aprendizaje, así

como la flexibilidad de sistemas informáticos penetrantes y discretos [Jones & Jo, 2004].

En segundo lugar, la complejidad del entorno educativo, la variabilidad de los usuarios y el altamente cambiante contexto de las tecnologías móviles sugiere estudiar a fondo las alternativas metodológicas existentes con el fin de diseñar un proceso de Ingeniería del Software que se adapte adecuadamente a este escenario.

Este capítulo comenzará profundizando en la teoría asociada a los requerimientos descritos anteriormente: en primer lugar se analizarán los retos del desarrollo para tecnologías móviles, luego se describirán los conceptos de *usabilidad* y *accesibilidad*, se mostrarán las razones por las que es necesario tener en cuenta a los usuarios con necesidades especiales y se introducirán algunas de las soluciones utilizadas habitualmente para compensar las discapacidades más comunes. A continuación se tratará la necesidad de llevar a cabo adaptaciones al usuario en determinados escenarios.

En cuanto al estudio sobre los enfoques metodológicos a seguir en el proceso de obtención del software de *mobile learning*, la segunda parte del capítulo se centrará en analizar algunas de las alternativas metodológicas que existen entre las áreas de la Interacción Persona-Ordenador y la Ingeniería del Software en este campo con el fin de hallar el enfoque metodológico más adecuado teniendo en cuenta los requisitos mencionados. Se presentará la filosofía de las Metodologías Ágiles como una interesante alternativa para el desarrollo de sistemas móviles orientados a usuarios con necesidades especiales. También se mostrará como algunos aspectos de la Ingeniería de Modelos pueden tomarse como base para complementar las metodologías anteriormente mencionadas.

3.2 Características y retos del desarrollo móvil

El desarrollo de sistemas de software para móviles difiere de desarrollo de software tradicional en muchos aspectos debido a que el software móvil debe satisfacer unos requisitos y exigencias especiales. Existen numerosos desafíos que se tienen que hacer frente al diseñar un sistema de software para entornos móviles [Satyanarayanan, 1996] [Rahimian, 2008] [Gartner, 2006]. A continuación se describen los más importantes.

3.2.1 Diferencias a nivel de recursos

Los dispositivos móviles, en general, presentan **recursos limitados** respecto a un entorno de escritorio. Este desafío es bastante cuestionable pues actualmente los dispositivos móviles están empezando a superar en algunos aspectos a los entornos tradicionales. No obstante, tradicionalmente han tenido carencias principalmente a nivel de hardware que habrá que tener en cuenta (memoria principal limitada, capacidad de procesamiento, tamaño de pantalla, duración de la batería, etc.).

En contraposición al punto anterior, estas tecnologías en ocasiones incorporan **funcionalidad novedosa** que conlleva escenarios nunca antes analizados para los sistemas tradicionales.

3.2.2 Fragmentación

La diversidad de plataformas y sistemas operativos, la rápida evolución de los dispositivos y las tecnologías de soporte configuran un entorno altamente cambiante. Dentro de los escenarios tradicionales de programación de software, los desarrolladores tienen varias opciones para lenguajes de programación, como C, C++, .NET, Java, Flash, etc. para crear una aplicación. Sin embargo, en el progreso de desarrollo de aplicaciones móviles, debido a la compleja estructura del ecosistema móvil, hay una fragmentación en términos de diferentes "sistemas operativos móviles", "resoluciones de pantalla", "modelos de dispositivos y capacidades", y "experiencia de usuario". La fragmentación es la palabra que

define la mayor barrera. La fragmentación aumenta el costo y el tiempo para desarrollar aplicaciones móviles.

Como consecuencia de la alta fragmentación en el ecosistema móvil, el proceso de **prueba y validación** de las aplicaciones requiere probadores dedicados y probablemente alargar el tiempo dedicado a esta fase. Las pruebas de depuración, en tiempo real y corrección de errores aumentan los costos de desarrollo en términos de recursos humanos y tiempo del proyecto.

3.2.3 Recursos humanos

Para conseguir un desarrollo de software innovador y de calidad se debe contar con recursos humanos cualificados en el mundo móvil, profesionales difíciles de encontrar y normalmente con poca experiencia.

El desarrollo móvil también tiene una curva de aprendizaje alta. Las tendencias y la dinámica del mercado cambian tan rápidamente que es difícil ponerse al día y adaptarse a las nuevas características.

3.2.4 Gestión del ciclo de vida de la aplicación

Una vez realizado el proceso de desarrollo, las aplicaciones tienen que ser descargadas e instaladas por los usuarios. Gestión de la distribución es un proceso importante de los altos índices de descargas e instalaciones. Las tiendas de aplicaciones han demostrado que con los canales adecuados de distribución y la calidad de la gestión del servicio, las aplicaciones pueden ser descargadas e instaladas en los dispositivos.

Gracias al fenómeno de las apps stores, los consumidores están ansiosos por explorar y utilizar aplicaciones móviles. Sin embargo, el número cada vez mayor de tiendas de aplicaciones también puede provocar quebraderos de cabeza para los desarrolladores en

términos de distribución y administración de actualizaciones. A medida que el mercado de distribución se expande, los esfuerzos para actualizar y ampliar la distribución se incrementan. Además, se hace necesario trabajar para que las actualizaciones de aplicaciones sean lo más transparentes posibles para el usuario.

Los desarrolladores necesitan definir los escenarios de actualización y qué partes son susceptibles de ser actualizadas dentro de las aplicaciones. Una vez que se instala una aplicación móvil, es muy difícil pedir a los usuarios que la vuelvan a instalar y cuando se hace el número de usuarios que acceden puede ser muy bajo.

3.2.5 Estrategias de desarrollo

Principalmente podríamos hablar de tres alternativas para el desarrollo de aplicaciones móviles: desarrollo multi-plataforma, desarrollo basado en web y desarrollo vertical.

El desarrollo multi-plataforma permite maximizar el mercado alcanzado en el ecosistema móvil. Sin embargo, la necesidad de extraer factor común de la amplia diversidad de capacidades y características existentes conlleva normalmente no poder profundizar en las características únicas y diferenciales que pueda tener una plataforma particular y/o no sacar el partido suficiente a la misma.

Con el aumento de las capacidades de los sistemas operativos móviles, el desarrollo basado en la web y en estándares como HTML5 es cada vez más popular. Sin embargo, este enfoque sigue teniendo sus mayores obstáculos en las limitaciones de conectividad, las dificultades para alcanzar características propias del hardware del dispositivo (cámara, acelerómetro, etc.) y la imposibilidad para alcanzar una tecnología base que funcione de manera similar en todos los dispositivos (HTML5 es aún un borrador y los navegadores implementan sus especificaciones de maneras muy distintas).

Por último, el desarrollo vertical, esto es, orientado a una plataforma móvil concreta, permite que el proceso de desarrollo de aplicaciones pueda ser más eficiente al centrarse

en determinadas tecnologías. Además, permite sacar el máximo potencial a la plataforma elegida.

Esta modalidad conlleva un mayor riesgo al apostar por una o varias plataformas concretas. Los desarrolladores deben analizar el mercado, en función de sus especializaciones, y establecer prioridades para definir las áreas verticales donde proporcionar servicios o desarrollar productos.

3.2.6 Guías de estilo

Una vez elegido el tipo de aplicación que más se acorde a nuestro objetivo final, como desarrolladores deberíamos seguir unas recomendaciones básicas o guías de estilo para obtener una buena aplicación de móvil:

- Recordar que la aplicación se ejecutará en un móvil, luego tiene que ser sencilla y debe de abrirse y cerrarse lo más rápido posible.
- Utilizar una gama de colores para la interfaz gráfica que consiga transmitir al usuario un *feeling* de lo que es la aplicación.
- Hacer la aplicación simple y fácil de usar. Para ello minimizar la entrada de datos por parte del usuario y centrarse en lo que el usuario requerirá en cada vista de la aplicación.
- Separar adecuadamente los botones, o cualquier objeto sustancial de ser pulsado con los dedos, para evitar pulsaciones erróneas por parte del usuario.
- Evitar pantallas de bienvenida o Acerca de nada más lanzarse la aplicación, esto nada más que hace retrasar el uso de la aplicación por parte del usuario y puede llegar a molestarle cuando su uso es continuo.
- Almacenar el estado de la aplicación cuando se cierra y restaurarla adecuadamente para ofrecer una experiencia de uso rica.

- Implementar o tener presente en todo momento qué hacer cuando la aplicación recibe una notificación de falta de memoria.

3.3 Usabilidad

La usabilidad se considera la “medida en la que un producto se puede usar por determinados usuarios para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un determinado contexto de uso” [ISO-9241-11]. La usabilidad de una aplicación está siempre en relación con la forma y condiciones de uso por parte de los usuarios, así como sus características y necesidades propias. Son los usuarios los que determinan cuándo un producto es fácil de usar.

A partir de la conceptualización llevada a cabo por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), se infieren los principios básicos en los que se basa la usabilidad:

- *Facilidad de Aprendizaje*: Facilidad con la que nuevos usuarios desarrollan una interacción efectiva con el sistema o producto. Está relacionada con la predicibilidad, sintetización, familiaridad, la generalización de los conocimientos previos y la consistencia.
- *Flexibilidad*: Relativa a la variedad de posibilidades con las que el usuario y el sistema pueden intercambiar información. También abarca la posibilidad de diálogo, la multiplicidad de vías para realizar la tarea, similitud con tareas anteriores y la optimización entre el usuario y el sistema.
- *Robustez*: Es el nivel de apoyo al usuario que facilita el cumplimiento de sus objetivos. Está relacionada con la capacidad de observación del usuario, de recuperación de información y de ajuste de la tarea al usuario.

Las comunidades de la Interacción Persona-Ordenador (IPO) y la Ingeniería del Software (IS) desempeñan un rol decisivo en el desarrollo de sistemas software usables. Por un lado, la IPO tiene el conocimiento sobre los aspectos relacionados con el proceso de interacción, mientras que la comunidad de IS posee conocimiento consensuado sobre el desarrollo de

sistemas software. En las últimas décadas, la comunidad de IPO ha desarrollado una variedad de técnicas con el objetivo de mejorar la usabilidad de los sistemas software, pero estas técnicas no están demasiado extendidas en la IS [Seffah, 2004]. A su vez, los desarrolladores de software sólo reciben capacitación básica en usabilidad [Holzinger, 2005] por lo que normalmente no tienen el conocimiento necesario para construir software usable [Castro, 2009]. Aunque han mejorado las sinergias entre IS e IPO, subsisten todavía problemas de comunicación y eficiencia que requieren de mayor investigación [Milewski, 2004].

3.3.1 Interfaz de usuario y usabilidad

En los sistemas actuales la interfaz de usuario es una parte fundamental en el proceso de desarrollo de cualquier aplicación y por tanto se tiene que tener en cuenta su diseño desde el principio. Thimbleby [Thimbleby, 1990] sugiere que la interfaz determinará en gran medida la percepción e impresión que el usuario poseerá de la aplicación. El usuario no está interesado en la estructura interna de la aplicación, sino en cómo usarla. No se puede realizar la especificación, diseñar las funciones y estructuras de datos, escribir el código y una vez casi terminado el proceso de desarrollo de la aplicación plantearse el diseño de la interfaz de usuario. Siguiendo esta forma de trabajo lo mas seguro es que se obtengan diseños de interfaces muy dependientes de los diseños que se han realizado de las datos y de las funciones, sin tener en cuenta que esos datos han de ser obtenidos y representados por y para el usuario. En su lugar, deberemos empezar con un idea clara de cómo queremos la interfaz y como serán las interacciones con el usuario para después, desarrollar las especificaciones funcionales que sirvan de guía al diseño posterior [Gea, 2001].

3.3.2 Diseño centrado en el usuario

Un concepto íntimamente ligado al de usabilidad es el de Diseño Centrado en el Usuario (DCU). El Diseño Centrado en el Usuario [ISO-13407] es una filosofía de diseño que tiene por

objetivo la creación de productos que resuelvan necesidades concretas de sus usuarios finales, consiguiendo la mayor satisfacción y mejor experiencia de uso posible con el mínimo esfuerzo de su parte.

El estándar ISO 13407 define cuatro actividades principales que deben iniciarse en las etapas más tempranas de un proyecto, y que deben realizarse de modo iterativo:

- Entender y especificar el contexto de uso.
- Especificar los requisitos de usuario y de la organización.
- Producir soluciones de diseño.
- Evaluar los diseños en base a los requisitos.

De este modo, a pesar de denominarse “diseño”, en realidad se aplica durante todas las fases del desarrollo (planificación, diseño, desarrollo, evaluación), desde las primeras etapas.

3.4 Diseño universal y accesibilidad

3.4.1 Diseño universal

En la actualidad, la inquietud del ser humano se encamina hacia la idea de que todas las personas tengan las mismas posibilidades de desarrollar una vida digna y decidir sobre su actividad, vivienda o estilo de vida.

En esta línea, nace el concepto de *Diseño Universal* o *Diseño para Todos* (*Design for All*), que centra su actividad en la búsqueda de soluciones de diseño para que todas las personas, independientemente de la edad, el género, las capacidades físicas, psíquicas y sensoriales o su bagaje cultural, puedan utilizar los espacios, productos y servicios de su entorno y, al mismo tiempo, participar en la construcción de nuestra sociedad.



Figura 3-1 Conceptualización del diseño universal.

Definición y principios

El diseño universal se podría definir como “el diseño de productos y entornos con el fin de que sean usables por el máximo número de personas posibles, sin necesidad de adaptación o diseño especializado” [Connell, 1997].

Existen unos principios de diseño universal⁵ redactados por un grupo de expertos y que nos puede servir como una guía inicial para evaluar la incorporación de la accesibilidad en el diseño de sistemas interactivos:

- 1) **Uso equitativo.** El diseño ha de ser útil, usable y de un precio razonable para personas con diferentes habilidades.
- 2) **Uso flexible.** El diseño se acomoda a un amplio rango de preferencias y habilidades individuales.
- 3) **Uso simple e intuitivo.** El diseño es fácil de entender, sin importar la experiencia, conocimientos, habilidades del lenguaje o nivel de concentración del usuario.
- 4) **Información perceptible.** El diseño transmite la información necesaria de forma efectiva al usuario.

⁵ Tomado del Centro para el Diseño Universal, N.C. State University. Compilado por defensores del diseño universal, en orden alfabético: Bettye Rose Connell, Mike Jones, Ron Mace, Jim Mueller, Abir Mullick, Elaine Ostroff, Jon Sanford, Ed Steinfeld, Molly Story & Gregg Vanderheiden. Versión 2.0 – 4/1/97.

- 5) **Tolerancia para el error.** El diseño minimiza riesgos y consecuencias adversas de acciones involuntarias o accidentales.
- 6) **Mínimo esfuerzo físico.** El diseño puede ser usado cómoda y eficientemente minimizando la fatiga.
- 7) **Tamaño y espacio para poder aproximarse y usar el diseño.** Proporcionar un tamaño y espacio adecuado para el acercamiento, alcance, manipulación y uso, independientemente del tamaño corporal, postura o movilidad del usuario.

3.4.2 Accesibilidad

Un concepto íntimamente ligado a la usabilidad es la accesibilidad. La accesibilidad [ISO-9241-171] busca eliminar las barreras para usar las aplicaciones que encuentran algunos usuarios debido a sus características físicas y/o cognitivas. La falta de accesibilidad significa una verdadera prohibición de acceso a la información para un número considerable de usuarios.

En este apartado vamos a describir algunas de las soluciones de accesibilidad empleadas para atender a la diversidad funcional de los usuarios de sistemas interactivos. Es necesario tener en cuenta que esas soluciones tienen una parte que es proporcionada de modo genérico (por ejemplo por el fabricante del sistema operativo) y otra parte que necesita ser complementada por los desarrolladores de productos o aplicaciones individuales.

Diversidad funcional auditiva

En el caso de las personas con dificultades auditivas, para que puedan emplear sistemas interactivos de forma satisfactoria puede ser necesario convertir en texto cierta información para que estos usuarios sean capaces de seguirla. Algunas técnicas interesantes son [Mairena, 2009]:

- Subtitular todos los diálogos.

- Closed Caption [CC]: La técnica de Closed Captioning consiste en subtítular todos los sonidos que se escuchan en el sistema, no sólo los diálogos. Por ejemplo, en un juego de acción en primera persona es necesario oír que hay otra persona andando al lado tuya, que están disparando o cualquier otro sonido ambiental que pudiera hacer que el jugador cambiara su forma de actuar.
- Volúmenes configurables: Opciones para configurar por separado los volúmenes de las voces, la música, sonidos principales y sonidos ambientales. Existen muchas personas que no han perdido totalmente la capacidad de oír pero que, por ejemplo, les resulta complicado seguir una conversación en lugares ruidosos.

Diversidad funcional visual

Tal y como se describió en el Capítulo 1, las discapacidades visuales van desde una falta de agudeza visual hasta la completa falta de visión. Puesto que una gran cantidad de los esfuerzos en interfaz actuales se apoyan en elementos gráficos, resulta lógico ofrecer a los usuarios con visión reducida o ceguera la opción de utilizar esos elementos en la medida que sea posible. Algunas técnicas de accesibilidad aplicadas a esta diversidad funcional pueden ser:

- Ampliadores de pantalla. Son programas que permiten una ampliación de parte de la pantalla facilitando la lectura a los usuarios con dificultades visuales.
- Textos claros: Tipo de letra sencillo y de un tamaño adecuado para una lectura fácil.
- Voces en varios idiomas. Para que cada usuario pueda oír los diálogos en su idioma y no necesite leer los textos.

- Modo de alto contraste. Un modo en el que los gráficos tengan un alto contraste para poder diferenciar con claridad cada elemento del sistema.
- Modo de gráficos simples. Modo en el que los gráficos sean mucho más sencillos que los originales, incluso sustituyéndolos por figuras geométricas simples. También, la posibilidad de eliminar completamente los fondos.
- Posibilidad de aumentar los gráficos. Posibilidad de cambiar el tamaño de los elementos gráficos del sistema, teniendo cuidado con que siga siendo usable.
- Sonidos indicadores de eventos.
- Lectores de pantalla. Son aplicaciones que tratan de identificar e interpretar aquello que se muestra en pantalla. Esta interpretación se presenta a continuación al usuario mediante sintetizadores de texto a voz, iconos sonoros, o una salida braille.

Diversidad funcional en la movilidad

Como técnicas de accesibilidad útiles para los casos de dificultad en la movilidad, podemos destacar:

- Control con sólo un botón: Se pueden hacer muchos sistemas que se controlen tan sólo usando un botón. Si es imprescindible usar más de uno, se puede intentar usar siempre el mínimo número de botones.
- Control con una sola mano: Intentar que el control usado pueda ser controlado con una sola mano.
- Evitar la pulsación de varios botones simultáneos: Evitar que se deban pulsar varios botones a la vez para poder realizar una acción.
- Sensibilidad de los controles configurable: Posibilidad de ajustar la sensibilidad de los controles, para que sea más o menos sensible.
- Velocidad configurable: Una disminución de la velocidad puede hacer más fácil el controlar un sistema interactivo.
- Varios niveles de dificultad.

- Control por micrófono: Utilizar el micrófono como periférico para controlar el sistema, ya sea con reconocimiento de voz o, algo mucho más sencillo, con sonidos como si fueran las pulsaciones de un único botón. Por ejemplo, una persona puede encontrar mucho más fácil pronunciar la palabra OK para seleccionar un botón de aceptación que desplazar un cursor a lo largo de la pantalla hasta situarlo sobre él.
- Usar periféricos baratos y ya extendidos: En Internet existen multitud de ejemplos de periféricos de control ideados para que personas con diversidad funcional en la movilidad puedan interactuar, pero estos periféricos son muy difíciles de conseguir y muy caros. Es mejor intentar usar del mejor modo los periféricos que son baratos y que se pueden encontrar fácilmente (teclado, ratón, joystick...).

Diversidad funcional cognitiva

Mientras que la investigación en sistemas interactivos ha avanzado bastante en lo relativo a discapacidades motoras o sensoriales, las cognitivas han recibido menos atención. Sin embargo, el progresivo envejecimiento de la población y el aumento de enfermedades degenerativas van a requerir que cada vez sea más necesario diseñar los sistemas para que personas con dificultades a nivel cognitivo sean capaces de usarlos.

Algunos ejemplos de técnicas de accesibilidad que se podrían aplicar en este caso son:

- Velocidad configurable: Muchos sistemas actuales son demasiado rápidos, una disminución de su velocidad los haría accesibles para algunas de las personas con diversidad funcional cognitiva.
- Varios niveles de dificultad.
- Grandes iconos o fotos para los menús de navegación: Para que sean fáciles de identificar y no sea necesario leer los textos del menú.
- Indicadores visuales de orientación o ayuda.

- Textos hablados con velocidad ajustable: Opción para modificar la velocidad de las conversaciones, o que haya una pausa entre cada frase hasta que se pulse un botón.
- Usar un lenguaje y vocabulario sencillo: Para no complicar la comprensión de los textos y diálogos.

3.5 Adaptación

La adaptación de software es un proceso generalizador que intenta hacer el acceso a las aplicaciones lo más global posible, para que todo el mundo tenga las mismas oportunidades para usar un sistema informático. La adaptación se refiere a la capacidad de los sistemas de información para adaptarse a las condiciones del entorno, a las experiencias aprendidas o las interacciones sufridas con usuarios u otros sistemas.

La adaptación puede llevarse a cabo atendiendo a diversos factores:

- El **perfil del usuario**. Si el comportamiento, el aspecto o la funcionalidad de un software varía en función de las características del usuario estaremos hablando de adaptación al usuario. Si dicha adaptación se produce en el proceso de diseño normalmente hablaremos de software adaptable, mientras que si la adaptación se produce en tiempo real en función del uso que hace el usuario entonces estaremos hablando de software adaptativo. A la hora de realizar la adaptación de un entorno software al usuario es interesante que tengamos en cuenta una serie de factores [González, 2010]:
 - *Perfil de Usuario*: Nos ofrecerá información acerca del usuario que usará el sistema, de sus características cognitivas y físicas. De esta manera podremos adaptar los contenidos a ellas.
 - *Técnicas de Interacción*: Hay que analizar si se deben desarrollar una serie de técnicas de interacción alternativas para que el usuario deba elegir cuál de ellas se adapta mejor a sus necesidades.

- *Evolución del software*: Si es necesario especificar reglas para decidir cambios en el software en base de anomalías detectadas en la interacción con el usuario, para reajustarse a él.
- La **plataforma** donde se ejecuta el **software**. Con la llegada de la ubicuidad a la interacción y los rápidos avances de la tecnología están apareciendo muchos dispositivos heterogéneos y son muchos los usuarios que demandan aplicaciones que puedan ser usadas en distintas plataformas y entornos. Por tanto, resulta interesante que un software pueda adaptar su funcionalidad o interfaz de usuario dependiendo de la plataforma donde se ejecute (PC, smartphone, tableta, ...) atendiendo a diversos parámetros (tamaño de la pantalla, conexiones de red, memoria del dispositivo, tipo de interacción, etc.).
- El **contexto** de uso. En este caso un software puede adaptar su comportamiento en función de variables del contexto como el espacio (encontrarse en una localización concreta), el tiempo (ser un día o una hora determinada), la detección de otros agentes (otros dispositivos usando el mismo software) o cualquier otra información contextual (la climatología, el tiempo de uso, la tarea que se esté realizando, etc.).

Así, podemos hablar de diferentes tendencias y líneas de trabajo basadas en la adaptación del software en función del enfoque aplicado:

- Interfaces adaptativas. Las interfaces adaptativas se ajustan al usuario de manera natural y progresiva, tratando de detectar sus características para que el sistema se adecue a su nivel y preferencias. Estas interfaces parten de la premisa que "los sistemas deben adaptarse a la gente", y no lo contrario. Algunos autores destacan que las interfaces adaptables y adaptativas pueden mejorar la calidad de vida de los usuarios, especialmente de aquellos con discapacidad. Por ejemplo, Abascal [Abascal, 2003] comenta que "las barreras

que los usuarios discapacitados y personas de edad avanzada encuentran para interactuar con sistemas interactivos están relacionadas principalmente con la interfaz de usuario e incluyen las dificultades físicas para manipular los dispositivos y las barreras cognitivas para entender los procedimientos y la navegación. Los estudios realizados con usuarios evidencian la necesidad de interfaces adaptables que permitan el control de dispositivos y servicios a través de sistemas interoperables integrados en un entorno inteligente." El diseño de aplicaciones cuyas interfaces de usuario sean adaptativas requiere la modificación de las actuales técnicas para la creación de interfaces de usuario, introduciendo los mecanismos necesarios para el diseño de las capacidades de adaptación de la interfaz de usuario dentro del ciclo de desarrollo tradicional de las interfaces de usuario. [López, 2005].

- Contextualización y personalización (inteligencia ambiental). Es la capacidad de algunas aplicaciones (por ejemplo algunas portales web o aplicaciones web) de concretar los contenidos que se muestran a un cliente particular y el modo en que la aplicación interacciona con dicho usuario en función de su perfil, su historial de interacción con dicha aplicación y su ubicación (contexto). Dicha capacidad puede completarse con sistemas de recomendación, que ofrecen contenido extra que se puede escoger en función de los mismos parámetros descritos anteriormente.
 - *La Inteligencia ambiental* describe un entorno en el que las personas estarán envueltas y asistidas por interfaces inteligentes e intuitivos embebidos en objetos cotidianos en comunicación entre sí, que conformarán un medioambiente electrónico que reconocerá y responderá a la presencia de los individuos inmersos en él de una forma invisible y anticipatoria (proactiva).
 - *Los sistemas de recomendación*: son sistemas que determinan las actividades que podrían interesar al usuario en función de los parámetros que conoce. El sistema observa el comportamiento histórico del usuario para aprender y afinar sus recomendaciones.

- Sistemas expertos. Son llamados así porque emulan el comportamiento de un experto en un dominio concreto y en ocasiones son usados por éstos.

3.6 Metodologías

No existe una metodología universal para hacer frente con éxito a cualquier proyecto de desarrollo de software. El desarrollo de sistemas interactivos es una labor difícil y con un alto coste en tiempo y esfuerzo. Un motivo de esta complejidad es por la necesidad de adaptar el diseño a una gran variedad de usuarios, a diferentes cometidos y sobre diferentes contextos.

En el caso que nos ocupa, debemos analizar qué enfoque metodológico es el más apropiado para desarrollar sistemas software con los requisitos previamente mencionados: movilidad, usabilidad, accesibilidad y adaptabilidad.

Desde el ámbito de la Ingeniería frecuentemente se han adoptado metodologías de desarrollo más tradicionales que tienden a centrarse principalmente en alcanzar el **éxito técnico**, atendiendo a cuestiones como las siguientes:

- *¿El software funciona?*
- *¿El diseño es elegante o incluso ingenioso?*
- *¿Está bien documentado?*
- *¿El diseño es reutilizable?*

Sin embargo, en muchas ocasiones se suele perder de vista el **éxito como producto**, tanto a nivel **comercial** como desde el punto de vista de los **usuarios**, dejando de tener en cuenta otro tipo de cuestiones:

- *¿El producto hace lo que realmente demanda el mercado?*
- *¿El producto cubre alguna de las necesidades de los usuarios?*

- *¿El producto se diferencia en algo u ofrece algo diferente que otros competidores?*
- *¿El producto está siendo lanzado a tiempo?*
- *¿Es fácil de modificar o actualizar con nuevas versiones?*
- *¿Se llevaron a cabo estimaciones certeras en cuanto a coste de desarrollo?*
- *¿El producto es adaptable o versátil de manera que pueda ser empleado por usuarios con diferentes perfiles o necesidades?*
- *¿Tanto el producto como la plataforma donde se despliega son fáciles de adquirir o adoptar?*
- *¿El producto es fácil de usar?*
- *¿Se ofrece un soporte adecuado al uso del producto?*

3.6.1 Modelos de desarrollo de software

Actualmente existen numerosas propuestas metodológicas que inciden en distintas dimensiones del proceso de desarrollo. Por una parte tenemos aquellas propuestas más tradicionales que se centran especialmente en el control del proceso, estableciendo rigurosamente las actividades involucradas, los artefactos que se deben producir, y las herramientas y notaciones que se usarán. Estas propuestas han demostrado ser efectivas y necesarias en un gran número de proyectos, habitualmente de gran tamaño (respecto a tiempo y recursos), pero también han presentado problemas en otros muchos.

Modelos clásicos

Podemos hablar de metodologías ligadas a ciclos de vida clásico como el ciclo de vida en cascada, un enfoque metodológico que ordena rigurosamente las etapas del proceso para el desarrollo de software, de tal forma que el inicio de cada etapa debe esperar a la finalización de la etapa anterior. Este enfoque suele estar formado por las siguientes etapas (o un subconjunto de éstas): análisis de requisitos, análisis del sistema, diseño del programa, implementación, pruebas, implantación y mantenimiento.

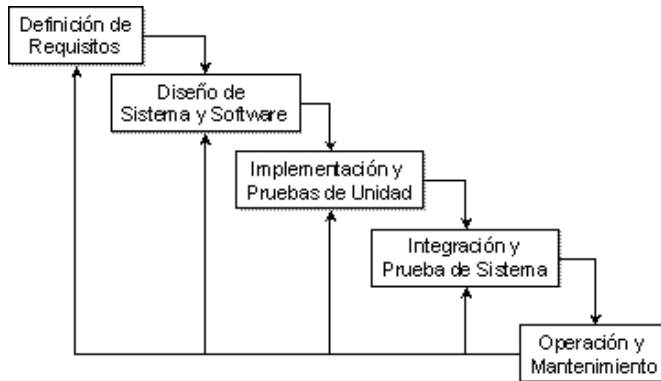


Figura 3-2 Modelo de desarrollo en cascada.

Otra variante del método en cascada sería el método en V, denominado así por la representación gráfica del ciclo de vida de software asociado. El lado izquierdo de la V representa la descomposición de las necesidades, y la creación de las especificaciones del sistema. El lado derecho de la V representa la integración de las piezas y su verificación. Es muy similar al modelo de la cascada clásico ya que es muy rígido y contiene una gran cantidad de iteraciones.

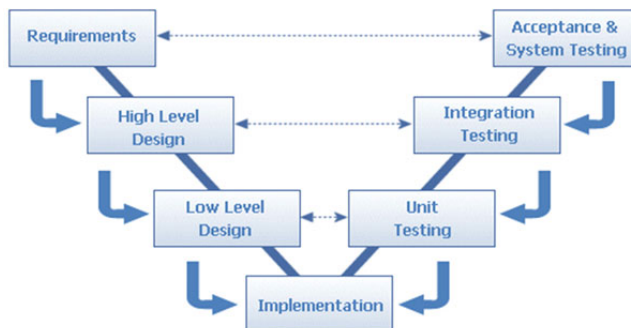


Figura 3-3 Ciclo de vida en V.

Modelo evolutivo

La idea detrás de este modelo es el desarrollo de una implantación del sistema inicial, exponerla a revisiones del usuario y refinarla en N versiones hasta que se desarrolle el sistema adecuado (ver Figura 3-4).

Una ventaja de este modelo es que se obtiene una rápida realimentación del usuario, ya que las actividades de especificación, desarrollo y pruebas se ejecutan en cada iteración.

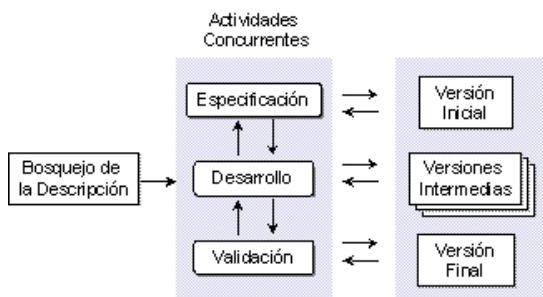


Figura 3-4 Modelo de desarrollo evolutivo.

Existen dos tipos de desarrollo evolutivo:

- Desarrollo exploratorio: El objetivo de este enfoque es explorar con el usuario los requisitos hasta llegar a un sistema final. El desarrollo comienza con las partes que se tiene más claras. El sistema evoluciona conforme se añaden nuevas características propuestas por el usuario.
- Enfoque utilizando prototipos: El objetivo es entender los requisitos del usuario y trabajar para mejorar la calidad de los requisitos. A diferencia del desarrollo exploratorio, se comienza por definir los requisitos que no están claros para el usuario y se utiliza un prototipo para experimentar con ellos. El prototipo ayuda a terminar de definir estos requisitos.

Modelo incremental

El enfoque incremental de desarrollo surge como una forma de reducir la repetición del trabajo en el proceso de desarrollo y dar oportunidad de retrasar la toma de decisiones en los requisitos hasta adquirir experiencia con el sistema [Mills, 1980]. Es una combinación del Modelo de Cascada y Modelo Evolutivo (ver Figura 3-5).

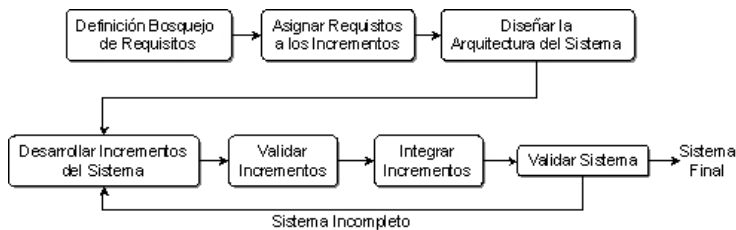


Figura 3-5 Modelo de desarrollo iterativo incremental.

Modelo en espiral

El modelo de desarrollo en espiral (ver Figura 3-6) es actualmente uno de los más conocidos [Boehm, 1988]. El ciclo de desarrollo se representa como una espiral, en lugar de una serie de actividades sucesivas con retrospectiva de una actividad a otra.

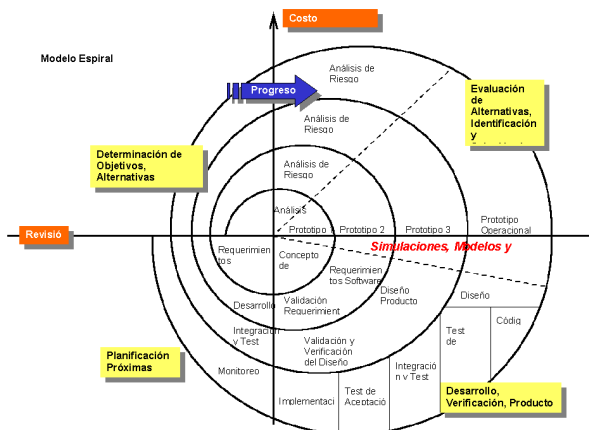


Figura 3-6 Modelo de desarrollo en espiral.

Nuevos paradigmas

Cada proyecto de software requiere de una forma particular de abordar el problema. Las propuestas comerciales y académicas actuales promueven procesos iterativos, donde en cada iteración puede utilizarse uno u otro modelo de proceso, considerando un conjunto de criterios.

Una posible mejora es incluir en los procesos de desarrollo más actividades, más artefactos y más restricciones, basándose en los puntos débiles detectados. Sin embargo, el resultado final sería un proceso de desarrollo más complejo que puede incluso limitar la propia habilidad del equipo para llevar a cabo el proyecto [Canós, 2003].

Otra aproximación es centrarse en otras dimensiones, como por ejemplo el factor humano o el producto software. Esta es la filosofía de las **metodologías ágiles**, las cuales dan mayor valor al individuo, a la colaboración con el cliente/usuario y al desarrollo incremental del software con iteraciones muy cortas. Este enfoque está mostrando su efectividad en proyectos con requisitos muy cambiantes y cuando se exige reducir drásticamente los tiempos de desarrollo pero manteniendo una alta calidad. Por estar especialmente orientadas para proyectos pequeños, las metodologías ágiles constituyen una solución a medida para ese entorno, aportando una elevada simplificación que a pesar de ello no renuncia a las prácticas esenciales para asegurar la calidad del producto.

Como podemos ver, las metodologías de desarrollo ágil se centran en el éxito del producto. Sin embargo, adoptar ciegamente este tipo de metodologías podría llevarnos al extremo de no planificar el proceso de desarrollo, no obtener modelos adecuados que nos permitan mantener el software adecuadamente, portarlo a nuevas plataformas y/o adaptarlo a nuevos cambios tecnológicos.

Debido a esto, parecía necesario introducir en el proceso de desarrollo algunas características propias del paradigma denominado **Ingeniería de modelos** o Desarrollo basado en modelos, cuya principal exponente es el *Model Driven Architecture* (MDA). Se trata de un enfoque de diseño de software propuesto por el *Object Management Group*

(OMG) y se basa en la idea principal de que si el desarrollo está guiado por los modelos del software se obtendrán beneficios importantes a nivel de productividad, portabilidad, interoperabilidad y mantenimiento.

A continuación se describirán ambos enfoques metodológicos haciendo énfasis en las características más relevantes para su aplicación en el desarrollo de software para sistemas móviles.

3.6.2 Metodologías ágiles

Las metodologías ágiles son sin duda uno de los temas recientes en Ingeniería del Software que están acaparando gran interés. La curiosidad que sienten muchos ingenieros de software, profesores, e incluso alumnos, sobre las metodologías ágiles hace prever una fuerte proyección industrial. Por un lado, para muchos equipos de desarrollo el uso de metodologías tradicionales les resulta muy lejano a su forma de trabajo actual considerando las dificultades de su introducción e inversión asociada en formación y herramientas. Por otro, las características de los proyectos para los cuales las metodologías ágiles han sido especialmente pensadas se ajustan a un amplio rango de proyectos industriales de desarrollo de software; aquellos en los cuales:

- 1) Los equipos de desarrollo son pequeños.
- 2) Los plazos reducidos.
- 3) Los requisitos son volátiles.
- 4) Están basados en nuevas tecnologías.

En las metodologías ágiles, se valora:

- **Al individuo y las interacciones del equipo de desarrollo sobre el proceso y las herramientas.** La gente es el principal factor de éxito de un proyecto software. Es más importante construir un buen equipo que construir el

entorno. Muchas veces se comete el error de construir primero el entorno y esperar que el equipo se adapte automáticamente. Es mejor crear el equipo y que éste configure su propio entorno de desarrollo en base a sus necesidades.

- **Desarrollar software que funciona más que conseguir una buena documentación.** La regla a seguir es “no producir documentos a menos que sean necesarios de forma inmediata para tomar una decisión importante”. Estos documentos deben ser cortos y centrarse en lo fundamental.
- **La colaboración con el cliente/usuario más que la negociación de un contrato.** Se propone que exista una interacción constante entre el usuario final y el equipo de desarrollo. Esta colaboración entre ambos será la que marque la marcha del proyecto y asegure su éxito.
- **Responder a los cambios más que seguir estrictamente un plan.** La habilidad de responder a los cambios que puedan surgir a lo largo del proyecto (cambios en los requisitos, en la tecnología, en el equipo, etc.) determina también el éxito o fracaso del mismo. Por lo tanto, la planificación no debe ser estricta sino flexible y abierta.

La Tabla 3-1 recoge las principales diferencias entre las metodologías ágiles con respecto a las tradicionales.

Tabla 3-1 Comparativa entre metodologías ágiles y no ágiles.

Metodologías Ágiles	Metodologías Tradicionales
Basadas en heurísticas provenientes de prácticas de producción de código	Basadas en normas provenientes de estándares seguidos por el entorno de desarrollo
Especialmente preparados para cambios durante el proyecto	Cierta resistencia a los cambios
Impuestas internamente (por el equipo)	Impuestas externamente
Proceso menos controlado, con pocos principios	Proceso mucho más controlado, con numerosas políticas/normas
El cliente es parte del equipo de desarrollo	El cliente interactúa con el equipo de desarrollo mediante reuniones
Pocos artefactos y roles	Más artefactos y roles
Menos énfasis en la arquitectura del software	La arquitectura del software es esencial y se expresa mediante modelos

Algunos ejemplos de metodologías ágiles son: Adaptive Software Development (ASD) [Highsmith, 2000] o Dynamic Systems Development Method (DSDM) [Stapleton, 1997], aunque las más populares actualmente son Programación Extrema [Beck, 2000] y SCRUM [Schwaber, 2001]:

- Programación Extrema (*Extreme Programming, XP*) es una metodología ágil centrada en potenciar las relaciones interpersonales como clave para el éxito en desarrollo de software, promoviendo el trabajo en equipo, preocupándose por el aprendizaje de los desarrolladores, y propiciando un buen clima de trabajo. XP se basa en realimentación continua entre el cliente y el equipo de desarrollo, comunicación fluida entre todos los participantes, simplicidad en las soluciones implementadas y coraje para enfrentar los cambios. XP se define como especialmente adecuada para proyectos con requisitos imprecisos y muy cambiantes, y donde existe un alto riesgo técnico.

- SCRUM define un marco para la gestión de proyectos que se ha utilizado con éxito durante los últimos 10 años. Está especialmente indicada para proyectos con un rápido cambio de requisitos. Sus principales características se pueden resumir en dos. El desarrollo de software se realiza mediante iteraciones, denominadas *sprints*, con una duración de 30 días. El resultado de cada *sprint* es un incremento ejecutable que se muestra al cliente. La segunda característica importante son las reuniones a lo largo del proyecto, entre ellas destaca la reunión diaria de 15 minutos del equipo de desarrollo para coordinación e integración.

Las metodologías ágiles también plantean ciertas limitaciones, siendo algunas de las más señaladas [Turk, 2002]:

- Soporte limitado para los entornos de desarrollo distribuidos. En este tipo de metodologías se basan en que los equipos de desarrollo estén ubicados conjuntamente. Esto implica también limitaciones para la subcontratación (*outsourcing*).
- Limitaciones para construir artefactos reusables. Éstas metodologías se centran en producir software que resuelva un problema específico. Desarrollar a la velocidad del mercado a menudo impide el desarrollo de soluciones generalizadas, incluso cuando está claro que esto podría generar beneficios a largo plazo. En tal ambiente no suele tenerse tan presente el desarrollo de soluciones generalizadas y otras formas de software reutilizable (por ejemplo, Frameworks).
- Limitaciones para desarrollos que involucren equipos grandes. En tal caso, la agilidad derivada de usar este tipo de metodologías se verá mermada.
- Soporte limitado para el desarrollo de software crítico para la seguridad. Los mecanismos de control de calidad proporcionados por los actuales procesos ágiles (por ejemplo, revisiones informales, programación por parejas) no han demostrado ser adecuados para garantizar a los usuarios que el producto es seguro.

- Problemas para el desarrollo de software grande y complejo. La suposición de que la refactorización de código elimina la necesidad de diseñar para el cambio no puede mantenerse para los grandes sistemas complejos.

3.6.3 Desarrollo de software dirigido por modelos: MDA

El paradigma de Desarrollo dirigido por modelos (MDD, *Model-Driven Development*), enmarcado dentro del enfoque *Model-Driven Engineering* (MDE), centra el proceso de desarrollo de software en el uso de modelos. En este paradigma, se incorporan las herramientas necesarias para transformar los modelos, utilizados en el diseño de software, en código, otorgando a los modelos un papel activo en el proceso de desarrollo de software.

Con MDD se abstraen los detalles de una tecnología específica o lenguaje de alto nivel mediante el uso de modelos y aparecen diferentes herramientas para transformar directamente el modelo en el código ejecutable que lo implementa. Así pues, este paradigma de desarrollo se basa en separar la especificación de un problema de la plataforma sobre la que se implementa la solución al mismo, y realizar transformaciones que permitan obtener automáticamente la implementación a partir de la especificación. Esta abstracción permite enfrentarse a la rapidez con la que evolucionan las tecnologías. Dado que el modelo abstrae estos aspectos los cambios tecnológicos no afectan al modelo. Por lo tanto, para transportar un sistema a nueva tecnología, bastaría generar de nuevo el modelo para la nueva tecnología.

El Object Management Group (OMG), fundado en 1989, es una organización internacional sin ánimo de lucro en forma de consorcio integrada por más de 800 miembros. En los últimos años el OMG ha centrado sus esfuerzos en crear un estándar para el desarrollo de sistemas software dirigido por modelos. Como resultado de esos esfuerzos surgió el enfoque MDA (*Model Driven Architecture, Arquitectura Dirigida por Modelos*)

cuyos objetivos son aumentar el grado de interoperabilidad, portabilidad y reutilización de los sistemas software separando la especificación del problema de su solución (ver Figura 3-7).

MDA propone cambiar el enfoque en el desarrollo de software de escribir código a utilizar modelos que se sitúan en distintos niveles de abstracción. MDA define una nueva forma de construir software en la que se usan modelos del sistema, a distintos niveles de abstracción, para guiar todo el proceso de desarrollo desde el análisis y diseño hasta el mantenimiento del sistema y su integración con futuras tecnologías. A un nivel de abstracción adecuado, los diferentes modelos pueden ayudar a los clientes y equipos de desarrollo a traducir su percepción del dominio del problema en un software más ajustado a las necesidades reales y de manera más rápida.

Dentro de MDA, la OMG propone utilizar UML (Unified Modelling Language) [UML, 2000] como lenguaje de representación gráfica de un sistema software.

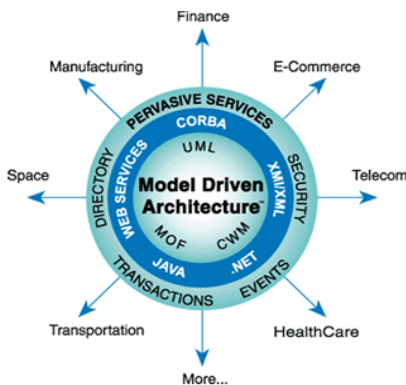


Figura 3-7 Esquema conceptual de MDA proporcionado por el OMG.

Los modelos se utilizan comúnmente para representar de manera flexible sistemas complejos. Pueden ser vistos desde muchos niveles de abstracción y muchas veces diferentes modelos complementarios son combinados para obtener una visión más precisa de un sistema. El uso de modelos ha sido defendido durante mucho tiempo en el desarrollo de software como una herramienta para entender los problemas que el sistema

-

trata de abordar [Selic, 2003]. Sin embargo, los equipos de desarrollo comúnmente emplean modelos sólo en las primeras etapas de modelado. A menudo, una vez que comienza la construcción del software, los equipos abandonan el modelo, que nunca será actualizado para reflejar cambios en el proyecto [Meservy, 2005].

Los niveles que proponen representan un sistema bajo diferentes puntos de vista siendo la transformación de un modelo situado en un determinado nivel en otro modelo la operación principal dentro de este enfoque. Por lo tanto, el propósito es generar automáticamente los modelos que componen los distintos niveles y finalmente el código del software que representa el sistema. En concreto, proponen tres niveles de abstracción:

- **Computer Independent Model (CIM).** Representa los requisitos del sistema en el entorno en el que va a trabajar, teniendo en cuenta los modelos de negocio y un punto de vista del dominio del problema. El CIM debe ser realizado por expertos en el dominio y es el primer puente entre éstos y el equipo de desarrollo. Resulta de gran utilidad para entender el problema y proporcionar un vocabulario común para su uso en el proyecto.
- **Platform Independent Model (PIM).** En este nivel se modela la funcionalidad de un sistema sin definir ni cómo ni en qué plataforma se implementará. Los modelos se centran en la información desde un punto de vista computacional.
- **Platform Specific Model (PSM).** Este nivel lo conforman los modelos que representan un sistema incluyendo las características de la plataforma elegida para su implementación. Los modelos están centrados en un punto de vista tecnológico.

Así, el ciclo de vida del proceso de desarrollo de software mediante MDA estaría formado por un proceso de varias etapas (ver Figura 3-8):

- Captura de requisitos en un CIM.

- Creación de un PIM, una vista del sistema bajo el punto de vista independiente de la plataforma.
- Transformación del PIM a uno o más PSMs, añadiendo reglas y códigos específicas de una plataforma concreta que la transformación no proporcione.
- Transformar el PSM a código.
- Desplegar el sistema en un entorno específico.

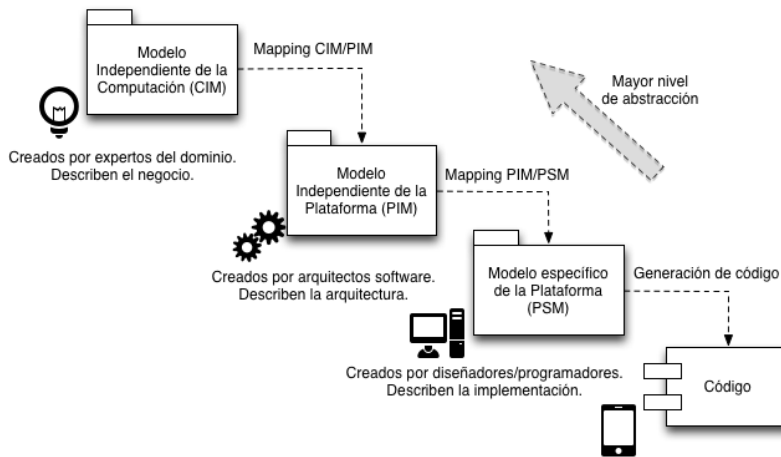


Figura 3-8 Fases del proceso de desarrollo basado en modelos.

Si tenemos en cuenta la realimentación de etapas y el carácter iterativo del proceso de desarrollo, el ciclo de vida asociado a un proceso basado en MDA tendría las siguientes etapas [Kleppe, 2003]:

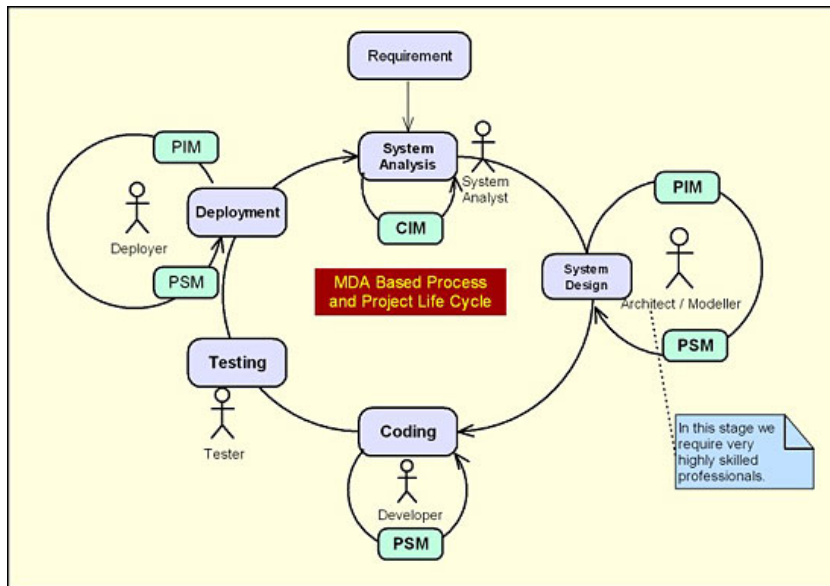


Figura 3-9 Fases del proceso de desarrollo basado en MDA representando la realimentación entre etapas.

3.7 Conclusiones

Una de las aspiraciones de la mayoría de los sistemas software es lograr alcanzar a la mayor cantidad de usuarios posible. Para lograrlo es necesario acomodar y adaptar dichos sistemas a la mayoría de las diferencias individuales posibles. Muchas de las adaptaciones requeridas para hacer las interfaces más universalmente accesibles pueden ser aprovechadas por personas sin esas discapacidades que se encuentran trabajando en condiciones inusuales tal y como baja visibilidad, etc. Como podemos ver en el cuadro siguiente (Tabla 3-2), muchas de las ayudas diseñadas para usuarios con necesidades especiales pueden ser útiles para personas sin necesidades especiales que se encuentran en situaciones especiales [Abascal, 2001]:

Tabla 3-2 Ayudas y personas que pueden utilizarlas.

Sin visión	Ciegos	Personas: - con ojos ocupados (conduciendo o en navegación) - en la oscuridad
Poca visión	Personas con limitaciones visuales	Personas con un visualizador pequeño
Operable sin poder oír	Personas sordas	Entornos ruidosos: - oídos ocupados - silencio forzado (bibliotecas, etc.)
Oído limitado	Personas duras de oído	Personas en entorno ruidoso
Operable con manualidad limitada	Personas con limitaciones	Personas: - con vestidos especiales - o que van en un vehículo que se balancea
Operable con cognitividad limitada	Personas con cognitividad limitada	Personas distraídas: - con pánico - o bajo la influencia del alcohol
Operable sin lectura	Personas con problemas cognitivos	Personas que: - no conocen ese lenguaje - visitantes - se han dejado las gafas de lectura

Por otra parte, aunque el cumplimiento en un producto de ciertos criterios generales de accesibilidad pueda beneficiar a todos los usuarios, tengan o no necesidades especiales, no queda tan claro que un único diseño final pueda suponer una interfaz igualmente útil para todos los tipos de usuarios [Hassan, 2004] [Newell, 2000]. Un ejemplo de este hecho sería el de un diseño predominantemente textual, que si bien sería accesible para personas ciegas, no lo sería tanto para usuarios sin discapacidad visual, y bastante inaccesible para personas sordas, ya que para estas últimas sería más adecuado un diseño mucho más visual (imágenes, animaciones,...).

Nielsen [Nielsen, 2003] pone en duda que un diseño común para todos los usuarios sea la mejor decisión para acabar con las barreras de accesibilidad y usabilidad y señala que

-

resultaría más eficaz la adaptación dinámica de la interfaz al usuario según sus propias necesidades y características.

Otros autores también apuntan en este sentido al considerar necesario el desarrollo de nuevos enfoques, estándares y metodologías que tengan más en cuenta las necesidades concretas de los usuarios en sus contextos de uso [Kelly, 2009]. Para ello recomiendan ofrecer a los usuarios soluciones individualizadas en las que, por un lado las aplicaciones se adapten a ellos recopilando información sobre sus acciones durante su interacción, y por otro los usuarios puedan dirigir y configurar en función de sus preferencias las características de la aplicación con la que están trabajando.

Para ello será necesario enriquecer las actuales metodologías para el diseño de sistemas software, enlazando dichos diseños con mecanismos que permitan la adaptación de la interfaz de usuario, y a su vez proporcionando una arquitectura de ejecución de las interfaces de usuario que permita el aprovechamiento de las capacidades de adaptación diseñadas.

Por último, la incorporación de determinados aspectos de metodologías como MDA puede aportar beneficios ya que uso de modelos en el proceso desarrollo de software puede permitir entender en mayor grado los problemas que el sistema trata de abordar.

Referencias del capítulo

- [Abascal, 2001] Abascal, J., Valero, P. Accesibilidad. En J. Lorés (ed.): Introducción a la Interacción Persona-Ordenador. AIPO. Lleida, 2001. ISBN84-607-2255-4.
- [Abascal, 2003] Abascal, J. (2003). "Accesibilidad a Interfaces Móviles para Computación Ubicua Relativa al Contexto". En: Tendencias actuales en la IPO: accesibilidad, adaptabilidad y nuevos paradigmas. XIII Escuela de Verano Univ. Castilla-La Mancha. 2003.

- [Beck, 2000] Beck, K.. *Extreme Programming Explained. Embrace Change*, Pearson Education, 1999. Traducido al español como: *Una explicación de la programación extrema. Aceptar el cambio*, Addison Wesley, 2000.
- [Boehm, 1988] Boehm, B. W., *A Spiral Model of Software Development and Enhancement*, IEEE Computer ,1988.
- [Canós, 2003] Canós, J.H., Letelier, P., Penadés, M.C. *Métodologías Ágiles en el Desarrollo de Software*. VIII Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos, JISBD 2003.
- [Castro, 2009] Castro, J.W., Acuña, S.T., Macías, J.A. *Aplicación de la Técnica Personas como un Puente para acercar las Disciplinas de IPO e IS*. Actas del X Congreso Interacción Persona-Ordenador. Barcelona, 2009.
- [Connell, 1997] Connell, B.R. et al. *What is universal design?* NC State University, 1997.
- [Gea, 2001] Gea, M., Gutierrez, F. *El Diseño*. En J. Lorés (ed.): *Introducción a la Interacción Persona-Ordenador*. AIPO. Lleida, 2001. ISBN84-607-2255-4.
- [Gonzalez, 2010] González, J.L. Tesis doctoral dirigida por Gutierrez, F.L.: *Jugabilidad. Caracterización de la experiencia del jugador en videojuegos*. Universidad de Granada (2010).
- [De Bra, 2000] De Bra, P., Aerts, Ad. Houben, Geert-Jan. Wu, Hongjing. *Making General-Purpose Adaptive Hypermedia Work*. Proceedings of the WebNet Conference. Pp. 117-123, 2000.
- [Hassan, 2004] Hassan, Y., Martín, F.J.: *Propuesta de adaptación de la metodología de Diseño Centrado en el Usuario para el desarrollo de sitios web accesibles*. En: *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 27, nº 3, 2004, pp. 330, ISSN 0210-0614.
- [Highsmith, 2000] Highsmith, J., Orr, K. *Adaptive Software Development: A Collaborative Approach to Managing Complex Systems*. Dorset House. 2000.

- [Holzinger, 2005] Holzinger, A. *Usability Engineering Methods for Software Developers*. Communications of the ACM 48(1), pp 71-74. 2005.
- [ISO-9241-11] ISO-9241-11 (1998). Ergonomics requirements for office work with display terminal. Guidance on usability.
- [ISO-9241-171] ISO-9241-171 (2008). Ergonomics of human-system interaction-Guidance on accessibility for human-computer interfaces.
- [ISO-13407] ISO 13407:1999 - Human-centred design processes for interactive systems. http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=21197
- [Jones & Jo, 2004] Jones, V. & Jo, J. H. (2004). Ubiquitous learning environment: An adaptive teaching system using ubiquitous technology. In R. Atkinson, C. McBeath, D. Jonas-Dwyer & R. Phillips (Eds.), *Beyond the comfort zone: Proceedings of the 21st ASCILITE Conference* (pp. 468-474). Perth, Western Australia.
- [Kelly, 2009] Kelly, B., Nevile, L., Sloan, D., Fanou, S., Ellison, R. and Herrod, L. *From Web Accessibility to Web Adaptability*. *Disability and Reability: Assistive Technology*, Volume 4, Issue 4, July 2009, pages 212 - 226.
- [Kleppe, 2003] Kleppe, A., Warmer, J., Bast, W.: *MDA Explained: The Model Driven Architecture-Practice and Promise*. The Addison-Wesley Object Technology Series. Addison-Wesley, Reading (2003)
- [López, 2005] López Jaquero, V.M. Tesis doctoral dirigida por González, P. y Fernández, A. *Interfaces de usuario adaptativas basadas en modelos y agentes software*. Universidad de Castilla-La Mancha (2005).
- [Mairena, 2009] Mairena, J. *Videojuegos Accesibles, por qué y cómo hacerlos*: <http://www.javiermairena.net/docs/videojuegosaccesibles.pdf>
- [MDA, 2003] Object Management Group. *MDA © guide version 1.0.1, 2003*. <http://www.omg.org/mda>

- [Meservy, 2005] Meservy, T.O.; Fenstermacher, K.D.;, "Transforming software development: an MDA road map," *Computer*, vol.38, no.9, pp. 52- 58, Sept. 2005. doi: 10.1109/MC.2005.316
- [Milewski, 2004] Milewski, A. *Software Engineers and HCI Practitioners Learning to Work Together: A Preliminary Look at Expectations*. Proceedings of the 17th Conference on Software Engineering Education and Training CSEET' 04, pp 45-49. 2004.
- [Mills, 1980] Mills, H., O'Neill, D., *The Management of Software Engineering*, IBM Systems, 1980.
- [Newell, 2000] Newell, A.F., Gregor, P. User Sensitive Inclusive Design: in search of a new paradigm. En: CUU 2000 First ACM Conference on Universal Usability. pp.39-44.
- [Nielsen, 2003] Nielsen, J. *Alternative Interfaces for Accessibility*. Alertbox, 7 de Abril de 2003. Disponible en: <http://www.useit.com/alertbox/20030407.html>
- [Schwaber, 2001] Schwaber K., Beedle M., Martin R.C. *Agile Software Development with SCRUM*. Prentice Hall. 2001.
- [Seffah, 2004] Seffah, A., Metzker, E. *The Obstacles and Myths of Usability and Software Engineering*. Communications of the ACM 47(12), pp 71-76. 2004.
- [Selic, 2003] B. Selic, "The Pragmatics of Model-Driven Development," *IEEE Software*, vol. 20, no. 5, 2003, pp. 19-25.
- [Stapleton, 1997] Stapleton J. *Dsdm Dynamic Systems Development Method: The Method in Practice*. Addison-Wesley. 1997.
- [Thimbleby, 1990] Thimbleby, H. *User interfaces design*. ACM Press Addison-Wesley Publishing 1990.
- [Turk, 2002] D. Turk, R. France, and B. Rumpe. Limitations of agile software processes. In Third International Conference on eXtreme Programming and Agile Processes in Software Engineering (XP 2002), Alghero, Sardinia, Italy, May 2002.

-

[UML, 2000]

UML (Object Management Group), 2000. <http://www.uml.org>

[Weiser, 1991]

Weiser, Mark (1991). The Computer for the 21st Century. *Scientific American*, September, 94-104.

Desarrollo de software para dispositivos móviles

4.1 Introducción

Los nuevos avances en computación móvil y el rápido crecimiento de las redes inalámbricas en calidad y cantidad han introducido nuevas aplicaciones e inquietudes en el ámbito de la Informática y la industria. Los requisitos específicos, las limitaciones asociadas con los sistemas móviles y las nuevas funciones que aportan han traído consigo nuevos desafíos para el desarrollo de software para este tipo de entornos. Pero al mismo tiempo, exigen importantes mejoras a las metodologías tradicionales de desarrollo de software con el fin de cumplir con las necesidades especiales de este campo [Rahimian, 2008].

En este capítulo se examinarán los retos del desarrollo de software para sistemas móviles, comenzando por la revisión de las características de los sistemas móviles.

4.2 Plataformas y tecnologías móviles

La explosión de la tecnología táctil ha venido de la mano del móvil. La aparición en 2007 del iPhone, el revolucionario terminal de Apple, arrastró al resto de los fabricantes a crear terminales con pantallas táctiles y hoy día la práctica totalidad de los modelos de alta gama los lleva incorporados.

El *fenómeno táctil* ha sido una de las mayores revoluciones de los últimos años, propiciando un auténtico cambio de paradigma en lo referente a la Interacción Persona-Ordenador. La siguiente cita refleja claramente dicho cambio:

Hace dos millones de años, unos primates evolucionados comenzaron a tallar y a asir rudimentarias hachas de piedra en las planicies de Tanzania. Se llamaban homo habilis y se les considera los primeros especímenes del género homo y los precursores de la tecnología. Desde entonces, toda la evolución técnica ha perseguido como fin último liberarse de ese yugo entre las manos y la herramienta, establecer una distancia entre el tacto y el aparato. Curiosamente, desde hace una década la tecnología está intentando volver a los orígenes, hacerse táctil, aunque integrando todos los objetos en una pantalla y haciéndolos ingravidos y virtuales [EIPaís, 2009].

Actualmente nos encontramos en un momento de evolución tecnológica, denominada por muchos como *era post-PC*, donde todo el uso de sistemas informáticos y aplicaciones Web se están migrando paulatinamente desde los ordenadores personales (PCs) hacia nuevos e innovadores dispositivos móviles como *smartphones* o tabletas.

Los teléfonos móviles inteligentes o *smartphones* (ver Figura 4-1) son dispositivos donde se combinan los servicios propios de un teléfono convencional con otros como: cámara de fotos y vídeo, reproductor MP3, navegación por Internet, almacenamiento de datos, conexión Wi-Fi, Bluetooth, etc.



Figura 4-1 Smartphones actuales de fabricantes como Apple, Nokia, Samsung o RIM.

Los *smartphones* de más éxito en el mercado han sido fabricados por Apple, Samsung, HTC, LG, Nokia, Sony-Ericsson o Blackberry. La Tabla 4-1 muestra un resumen con algunos de los más populares.

Tabla 4-1 Algunos de los más conocidos *smartphones* del mercado.

Dispositivos	Fabricante	Sistema Operativo
iPhone 4/4S/5	Apple	iOS
Samsung Galaxy S3/S4, Galaxy Note	Samsung	Android
One, Desire, Evo	HTC	Android
Xperia	Sony Ericsson	Android
Optimus	LG	Android
Blackberry Torch, Curve, Bold	RIM (Research In Motion)	Blackberry
Lumia 800	Nokia	Windows Phone
X3, C1, C5	Nokia	Symbian

Los smartphones han evolucionado mucho en las últimas dos décadas, no hay más que examinar la Figura 4-2. Dentro de dicha evolución, cabe destacar la aparición del iPhone en el año 2007, que supuso una revolución en el mercado de este tipo de dispositivos.



Figura 4-2 *Smartphones* más populares antes del iPhone (izquierda) y después de su aparición en 2007 (derecha).

Por su parte, las tabletas, sin lugar a duda, desplazarán al portátil en educación – y en prácticamente todos los ámbitos– (ver Figura 4-12) ya que disponen de sus mismas posibilidades pero son menos aparatosas, pesan menos, su funcionamiento es más natural (se trabaja con las manos, no con el ratón), agradable, sencillo e intuitivo (gracias al sistema operativo que usan), están listas para su uso con mayor rapidez y vienen a ser del tamaño de una libreta.



Figura 4-3 Algunas de las tabletas más populares actualmente.

Las principales tabletas existentes en el mercado están fabricados por compañías como Apple, Samsung, ASUS o Blackberry (ver Tabla 4-2). Los tamaños de pantalla más habituales son las 7" y las 10" (con ligeras variaciones como 9,7" o 10,1"). Sus precios pueden oscilar entre los 200 y los 500 €, dependiendo de factores como el tamaño de pantalla, la incorporación de conectividad 3G/4G, el almacenamiento interno (habitualmente 16, 32 ó 64 GB) o su éxito en el mercado.

Tabla 4-2 Principales tabletas del mercado.

Modelo	Fabricante	Sistema Operativo	Pantalla
iPad	Apple	iOS	9,7"
iPad Mini	Apple	iOS	7,9"
Galaxy Tab	Samsung	Android	7" ó 10"
Transformer	ASUS	Android	10"
Nexus 7	ASUS (distribución Google)	Android	7"
Playbook	RIM (Research In Motion)	QNX (Blackberry Tablet OS)	7"

Del mismo modo que ocurriera con los *smartphones* al aparecer el iPhone, la irrupción del iPad en 2010 supuso una revolución a nivel de diseño y funcionalidad en el mercado de las tabletas o *tablets*, tiempo atrás denominadas *Tablet-PC* (ver Figura 4-4).



Figura 4-4 Comparativa de las tabletas del mercado antes y después del iPad.

Consultoras tecnológicas como Gartner o IDC afirman que en 2011 se vendieron 60 millones de tabletas y prácticamente el doble el año 2012. Ambas coinciden en estimar que para 2016 la venta de tabletas superará a la de portátiles (ver Figura 4-5).

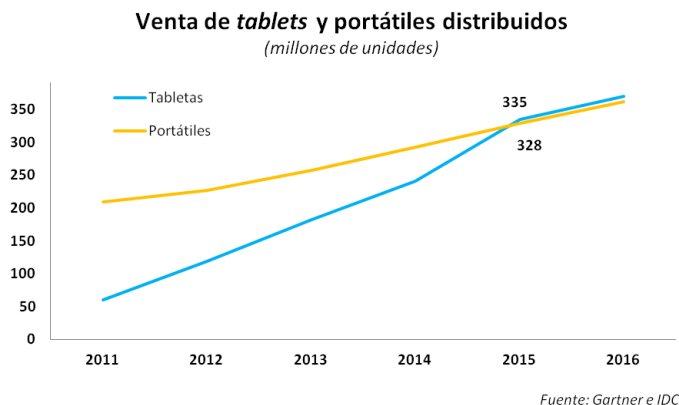


Figura 4-5 Previsión de venta de tabletas y portátiles en los próximos años.

Se estima que para finales de 2013 el iPad siga siendo el principal exponente de tableta en el mundo, con un 60% de cuota de mercado, mientras que las tabletas basadas en Android coparán un 33%, dejando un escaso 7% para el resto de opciones. Según Gartner, el iPad seguirá siendo el líder al menos hasta 2016, con el 46% de cuota frente al 37% de tabletas Android (ver Tabla 4-3).

Tabla 4-3 Previsión de venta de tabletas hasta 2016 (en millones de unidades).

Sistema operativo	2011	2012	2013	2016
iOS	39,99	72,99	99,55	169,65
Android	17,29	37,88	61,68	137,66
Microsoft	0	4,86	14,55	43,65
QNX (Blackberry Tablet OS)	807	2,64	6,04	17,84
Otros SO	1,92	0,51	0,64	0,46
Total	60,02	118,88	182,46	369,26

Como podemos ver, las plataformas iOS y Android representan la gran mayoría de sistemas móviles distribuidos actualmente. El éxito de estas plataformas se basa principalmente en los siguientes factores:

- Una oferta de **dispositivos móviles** con la última tecnología tanto a nivel software como hardware. Como ejemplos tenemos los smartphones iPhone de Apple o el Samsung Galaxy y las tabletas iPad o el Motorola Xoom.
- La distribución de **potentes herramientas de desarrollo** o SDK (Software Development Kit) de forma gratuita, permitiendo a los programadores crear libremente **aplicaciones** para su entorno.
- Un medio de **distribución novedoso** basado en tiendas online donde el usuario puede comprar y descargar software en cuestión de minutos. Así, para iOS tenemos la tienda App Store y para Android la tienda Google Play.

Estas características conforman los *ecosistemas* (termino popularizado en los últimos años) de estas plataformas.

4.2.1 Plataformas

En este escenario, conocer las principales plataformas para dispositivos móviles existentes puede ayudar a aclarar un poco más las posibilidades tecnológicas que mejor se adecuen para nuestro propósito. A continuación presentamos brevemente las principales alternativas existentes actualmente. Posteriormente describiremos la plataforma finalmente elegida para la investigación.

Symbian OS

Symbian (ver Figura 4-6) es un sistema operativo para móviles desarrollado por la empresa Nokia, estando presente principalmente en terminales de dicha compañía. Symbian posee una arquitectura de microkernel, es decir, el mínimo necesario se encuentra dentro del núcleo para maximizar la robustez, la disponibilidad y capacidad de respuesta. Contiene un planificador, gestión de memoria y controladores de dispositivos. Symbian está diseñado para enfatizar la compatibilidad con otros dispositivos, especialmente con los sistemas de archivos extraíbles.



Figura 4-6 Plataforma Symbian.

El SDK para Symbian OS es el estándar C++, utilizando Qt. Se puede utilizar con Qt Creador o Carbide (la versión más antigua del entorno de desarrollo para Symbian). Un simulador permite realizar pruebas de aplicaciones Qt. Las aplicaciones compiladas para el simulador se compilan a código nativo para la plataforma de desarrollo. También es posible desarrollar aplicaciones para Symbian con C++, aunque ya no es un estándar, antes

del lanzamiento del SDK de Qt, sí lo era. Por desgracia, la programación de Symbian C++ tiene una curva de aprendizaje elevada, ya que requiere el uso de técnicas especiales, tales como descriptores, los objetos activos y la limpieza de la pila. Esto puede hacer que incluso programas relativamente sencillos sean más difíciles de implementar que en otros entornos.

Windows Phone / Windows 8

Windows Phone, anteriormente llamado Windows Mobile (originalmente apareció bajo el nombre de Pocket PC, como una ramificación de desarrollo de Windows CE para equipos móviles con capacidades limitadas), es el sistema operativo móvil desarrollado por Microsoft, y diseñado para su uso en *smartphones* y otros dispositivos móviles. Existe una gran oferta de software de terceros disponible para Windows Mobile, la cual se puede adquirir a través de Windows Marketplace for Mobile.

Hay varias opciones que los desarrolladores pueden utilizar al implementar una aplicación móvil con Windows Phone. Esto incluye la escritura de código nativo con Visual C++, con .NET Compact Framework, o se puede implementar mediante Internet Explorer Mobile u otro cliente instalado en el dispositivo móvil del usuario.

Windows Phone basa su actual éxito en su interfaz de usuario, denominada Metro UI. La nueva versión del sistema operativo para escritorio de Microsoft que saldrá en otoño de 2012, Windows 8, incorporará dicha interfaz – recientemente rebautizada a Windows 8 Modern UI – y estará preparado para usarse también en tabletas.

Además, Windows Phone y Windows 8 (ver Figura 4-7) incorporan un nuevo framework para desarrollar aplicaciones, basado en herramientas web como Silverlight, HTML5 y XAML.



Figura 4-7 Sistema Windows Phone y tableta Microsoft Surface con Windows 8.

Android OS

Android es un sistema operativo inicialmente desarrollado por Android Inc., una firma comprada por Google en el 2005. Android (ver Figura 4-8) está basado en una versión modificada del Kernel de Linux.

Es un proyecto conjunto con Open Handset Alliance, un consorcio de 48 compañías de Hardware, Software y telecomunicaciones, las cuales llegaron a un acuerdo para promocionar los estándares de códigos abiertos para dispositivos móviles. Google ha sido quien ha publicado la mayoría del código fuente de Android bajo una licencia de software libre y de código abierto a cualquier desarrollador.



Figura 4-8 HTC Dream, primer terminal con Google Android (izquierda) y dispositivos modernos de la plataforma Android (derecha).

El desarrollo para la plataforma Android se suele realizar en lenguaje Java.

A pesar de su enorme éxito en el mercado de los smartphones, a nivel de tabletas el sistema operativo Android no termina de despegar. Muchos expertos señalan que es un problema de software y coinciden en que la mayoría de apps para tabletas Android tienen menos funcionalidades y están peor diseñadas que en sistemas como el iPad, siendo muchas de ellas solo versiones "XL" de las disponibles en *smartphones*. Otra desventaja de Android es que no dispone de utilidades para facilitar la accesibilidad a personas con necesidades especiales, que estén incorporadas en el propio sistema operativo y sean comunes a todos los dispositivos.

Apple iOS

iOS (anteriormente denominado iPhone OS) (ver Figura 4-9) es el sistema operativo móvil de Apple desarrollado originalmente para iPhone, siendo después usado en iPod Touch e iPad. Es un derivado de Mac OS X, que a su vez está basado en Darwin BSD. El lenguaje de programación principal para iOS, al igual que en Mac OS, es Objective-C.



Figura 4-9 Plataforma iOS de Apple.

El SDK se puede descargar gratis, pero para publicar el software es necesario registrarse en el Programa de Desarrollo del iPhone, un paso que requiere el pago y la aprobación por parte de Apple. Durante el proceso, se entregan al desarrollador unas claves firmadas que permiten subir una aplicación a la tienda de aplicaciones de Apple, App Store.

4.3 Características y retos del desarrollo móvil

El desarrollo de sistemas de software para móviles difiere de desarrollo de software tradicional en muchos aspectos debido a que el software móvil debe satisfacer unos requisitos y exigencias especiales. Existen numerosos desafíos que se tienen que hacer frente al diseñar un sistema de software para entornos móviles [Satyanarayanan, 1996] [Rahimian, 2008] [Gartner, 2006]. A continuación se describen los más importantes.

4.3.1 Diferencias a nivel de recursos

Los dispositivos móviles, en general, presentan **recursos limitados** respecto a un entorno de escritorio. Este desafío es bastante cuestionable pues actualmente los dispositivos móviles están empezando a superar en algunos aspectos a los entornos tradicionales. No obstante, tradicionalmente han tenido carencias principalmente a nivel de hardware que habrá que tener en cuenta (memoria principal limitada, capacidad de procesamiento, tamaño de pantalla, duración de la batería, etc.).

En contraposición al punto anterior, estas tecnologías en ocasiones incorporan **funcionalidad novedosa** que conlleva escenarios nunca antes analizados para los sistemas tradicionales.

4.3.2 Fragmentación

La diversidad de plataformas y sistemas operativos, la rápida evolución de los dispositivos y las tecnologías de soporte configuran un entorno altamente cambiante. Dentro de los escenarios tradicionales de programación de software, los desarrolladores tienen varias opciones para lenguajes de programación, como C, C++, .NET, Java, Flash, etc. para crear una aplicación. Sin embargo, en el progreso de desarrollo de aplicaciones móviles, debido a la compleja estructura del ecosistema móvil, hay una fragmentación en términos de diferentes "sistemas operativos móviles", "resoluciones de pantalla", "modelos de

dispositivos y capacidades", y "experiencia de usuario". La fragmentación aumenta el costo y el tiempo para desarrollar aplicaciones móviles.

Como consecuencia de la alta fragmentación en el ecosistema móvil, el proceso de **prueba y validación** de las aplicaciones requiere probadores dedicados y probablemente alargar el tiempo dedicado a esta fase. Las pruebas de depuración, en tiempo real y corrección de errores aumentan los costos de desarrollo en términos de recursos humanos y tiempo del proyecto.

4.3.3 Recursos humanos

Para conseguir un desarrollo de software innovador y de calidad se debe contar con recursos humanos cualificados en el mundo móvil, profesionales difíciles de encontrar y normalmente con poca experiencia.

El desarrollo móvil también tiene una curva de aprendizaje alta. Las tendencias y la dinámica del mercado cambian tan rápidamente que es difícil ponerse al día y adaptarse a las nuevas características.

4.3.4 Gestión del ciclo de vida de la aplicación

Una vez realizado el proceso de desarrollo, las aplicaciones tienen que ser descargadas e instaladas por los usuarios. La gestión de la distribución es un proceso importante dados los altos índices de descargas e instalaciones. Las tiendas de aplicaciones han demostrado que con los canales adecuados de distribución y la calidad de la gestión del servicio, las aplicaciones pueden ser descargadas e instaladas en los dispositivos.

Gracias al fenómeno de las apps stores, los consumidores están ansiosos por explorar y utilizar aplicaciones móviles. Sin embargo, el número cada vez mayor de tiendas de aplicaciones también puede provocar quebraderos de cabeza para los desarrolladores en términos de distribución y administración de actualizaciones. A medida que el mercado de distribución se expande, los esfuerzos para actualizar y ampliar la distribución se

-

incrementan. Además, se hace necesario trabajar para que las actualizaciones de aplicaciones sean lo más transparentes posibles para el usuario.

Los desarrolladores necesitan definir los escenarios de actualización y qué partes son susceptibles de ser actualizadas dentro de las aplicaciones. Una vez que se instala una aplicación móvil, es muy difícil pedir a los usuarios que la vuelvan a instalar y cuando se hace el número de usuarios que acceden puede ser muy bajo.

4.3.5 Estrategias de desarrollo

Principalmente podríamos hablar de tres alternativas para el desarrollo de aplicaciones móviles: desarrollo multi-plataforma, desarrollo basado en web y desarrollo vertical.

El desarrollo multi-plataforma permite maximizar el mercado alcanzado en el ecosistema móvil. Sin embargo, la necesidad de extraer factor común de la amplia diversidad de capacidades y características existentes conlleva normalmente no poder profundizar en la características únicas y diferenciales que pueda tener una plataforma particular y/o no sacar el partido suficiente a la misma.

Con el aumento de las capacidades de los sistemas operativos móviles, el desarrollo basado en la web y en estándares como HTML5 es cada vez más popular. Sin embargo, este enfoque sigue teniendo sus mayores obstáculos en las limitaciones de conectividad, las dificultades para alcanzar características propias del hardware del dispositivo (cámara, acelerómetro, etc.) y la imposibilidad para alcanzar una tecnología base que funcione de manera similar en todos los dispositivos (HTML5 es aún un borrador y los navegadores implementan sus especificaciones de maneras muy distintas).

Por último, el desarrollo vertical, esto es, orientado a una plataforma móvil concreta, permite que el proceso de desarrollo de aplicaciones pueda ser más eficiente al centrarse en determinadas tecnologías. Además, permite sacar el máximo potencial a la plataforma

elegida. Esta modalidad conlleva un mayor riesgo al apostar por una o varias plataformas concretas. Los desarrolladores deben analizar el mercado, en función de sus especializaciones, y establecer prioridades para definir las áreas verticales donde proporcionar servicios o desarrollar productos.

4.3.6 Guías de estilo

Una vez elegido el tipo de aplicación que más se ajuste a nuestro objetivo final, como desarrolladores deberíamos seguir unas recomendaciones básicas o guías de estilo para obtener una buena aplicación de móvil:

- Recordar que la aplicación se ejecutará en un dispositivo móvil (posiblemente con pantalla pequeña), luego tiene que ser sencilla y debe de abrirse y cerrarse lo más rápido posible.
- Utilizar una gama de colores para la interfaz gráfica que consiga transmitir al usuario un *feeling* de lo que es la aplicación.
- Hacer la aplicación simple y fácil de usar. Para ello, se debe minimizar la entrada de datos por parte del usuario y centrarse en lo que el usuario requerirá en cada vista de la aplicación.
- Separar adecuadamente los botones, o cualquier objeto sustancial de ser pulsado con los dedos, para evitar pulsaciones erróneas por parte del usuario.
- Evitar pantallas de bienvenida o Acerca de nada más lanzarse la aplicación, esto nada más que hace retrasar el uso de la aplicación por parte del usuario y puede llegar a molestarle cuando su uso es continuo.
- Almacenar el estado de la aplicación cuando se cierra y restaurarla adecuadamente para ofrecer una experiencia de uso rica.
- Gestionar eficientemente la memoria, dado que es un recurso limitado. Implementar o tener presente en todo momento qué hacer cuando la aplicación recibe una notificación de falta de memoria.

4.4 Elección de la plataforma móvil

La elección del dispositivo que debe usar el profesor y el alumno, y que dará soporte al software desarrollado, es una cuestión de vital importancia. Tras evaluar las necesidades de los futuros usuarios del sistema y con el fin de incorporar los atributos de calidad analizados en el capítulo anterior (usabilidad, accesibilidad, diseño universal), llegamos a la conclusión de que las principales características requeridas eran:

- 1) **Pantalla táctil:** Este tipo de pantalla incorpora un abanico de posibilidades de interacción, ya sea mediante pulsación, *drag and drop* o gestos. Esto facilita la interacción de usuarios con necesidades especiales que pueden tener dificultades para usar otros dispositivos de interacción como un lápiz (stylus) o un ratón.
- 2) **Versatilidad y portabilidad:** Con el fin de facilitar la accesibilidad e incorporar la movilidad como un atributo indispensable. La portabilidad va a permitir acercar el sistema al usuario (y no al revés), eliminando barreras físicas. También da la posibilidad de hacer uso del sistema en diferentes aulas de un centro o incluso en el hogar del alumno. En cuanto a la versatilidad, sería interesante elegir una plataforma que ofreciera dispositivos similares entre sí, con el fin de ofrecer una experiencia de usuario común, pero que a su vez difirieran en determinados atributos como el tamaño de la pantalla o el coste económico.
- 3) **Conectividad:** Los sistemas deberán tener la capacidad para la conectividad mediante tecnologías WiFi o Bluetooth entre dispositivos y aplicaciones, permitiendo realizar actividades en grupo, fomentando la integración, desarrollando competencias de trabajo en equipo y potenciando la interacción de forma que los alumnos se ayuden y apoyen activamente.

- 4) **Facilidad de desarrollo** (existencia de herramientas, APIs): La incorporación de técnicas de accesibilidad y de adaptabilidad al sistema va a depender en gran medida del diseño del sistema y de la destreza del desarrollador, pero en última instancia va a estar limitada por las posibilidades que tenga el dispositivo donde se va a implantar. Por tanto es muy importante que la plataforma de destino sea lo suficientemente potente y a la vez los procesos de desarrollo lo bastante sencillos e intuitivos.

- 5) **Continuidad del producto en el tiempo y fácil adquisición:** Este requisito, muchas veces no tenido en cuenta, es en realidad uno de los más importantes. Como ya hemos visto, cualquier sistema de apoyo a la discapacidad que se desarrolle debería partir de un diseño centrado en el usuario, teniendo en cuenta sus circunstancias y su entorno. Es necesario proponer plataformas y herramientas asequibles para los centros de los alumnos o sus familias, que les transmitan la seguridad de que si apuestan por ese sistema y se obtienen mejoras van a poder emplearlo durante varios años, sin inconvenientes muchas veces incomprensibles (tales como que el dispositivo se deja de fabricar y es necesario actualizar a un modelo el doble de caro o que el software no funciona sobre las nuevas versiones del dispositivo por incompatibilidades del sistema operativo,...).

Hoy en día existen en el mercado diferentes dispositivos que cumplen al menos con los tres primeros requisitos. Así, podemos hablar sistemas como la plataforma iOS de Apple, los teléfonos con Windows Phone o los dispositivos con el sistema operativo Android (ver Figura 4-10). Por otra parte, el análisis de dispositivos para elegir la plataforma se llevó a cabo durante el año 2009, cuando el escenario era bien diferente: Windows Phone no saldría hasta finales de 2010 y el sistema operativo Android se encontraba en una muy limitada versión 1.5.

En todo caso, el análisis de las plataformas existentes varios años después nos conduce a la conclusión de que la plataforma que en su momento se eligió podría ser aún

considerada como la más óptima para el desarrollo del sistema de aprendizaje y, en todo caso, nos confirma que en su momento fue la decisión más acertada.



Figura 4-10 Plataformas candidatas para la implementación del software.

La Tabla 4-4 muestra una comparativa entre las versiones actuales de las tres plataformas analizadas:

Tabla 4-4 Comparativa entre plataformas iOS, Android y Windows Phone⁶.

Característica	iOS 6	Android 4.1 Jelly Bean	Windows Phone 8
Kernel	OS X	Linux	Windows NT
Estándares soportados	GSM, CDMA	GSM, CDMA	GSM, CDMA
Multitarea	Pseudo (servicios)	Real	Pseudo
Hardware	iPhone, iPad, iPod touch	Extensa familia de dispositivos	Reducido conjunto de dispositivos
Seguridad	Alta	Baja (malware conocido)	Alta
Navegador	Safari	Google Chrome	Internet Explorer 10
Apps	+650.000	+600.000	+100.000
Escritorio	Basado en iconos	Iconos y widgets	Basado en <i>tiles</i>

⁶ Fuente: www.redmondpie.com

Motor de búsqueda por defecto	Google	Google	Bing
Suite de productividad	iWork	Google Docs	Office mobile
Asistente por voz	Siri	Google Now	Tellme
Actualizaciones OTA	Sí	Sí	Sí
Personalización	Limitada	Alta	Limitada
Widgets	En el centro de notificaciones	Sí	No
Soporte a tablets	Sí	Sí	Vía Windows RT
Backup en la nube	Sí	No	No
Soporte <i>cloud</i>	iCloud	Google Drive	SkyDrive
NFC	No	Sí	Sí
In-app purchase	Sí	Sí	Sí

A continuación vamos a analizar algunos de los puntos claves que pueden marcar diferencias entre los productos de cada una de las plataformas: 1) calidad la pantalla táctil, 2) facilidad de desarrollo y 3) facilidad de adquisición y continuidad en el tiempo.

Pantallas táctiles

Las pantallas táctiles permiten al usuario apuntar y seleccionar objetos en la pantalla utilizando el dedo, y por tanto son mucho más directas que el ratón (son, a la vez, entrada y salida). Las ventajas de las pantallas táctiles más reseñables son su gran facilidad de aprendizaje, no requieren espacio adicional, no tienen partes móviles y son durables..

En cuanto al tipo de pantalla, no hay una tecnología única. Las más usadas actualmente son las **resistivas** y **capacitivas**. Ambas utilizan los cambios en la corriente eléctrica para detectar las pulsaciones. Sin embargo, los componentes que forman los distintos tipos de pantalla táctil y, sobre todo, la sensación para el usuario son muy distintos.

Pantallas resistivas

Las pantallas resistivas están formadas por varias capas. Cuando presionamos sobre la pantalla, hay dos capas que entran en contacto, se produce un cambio en la corriente eléctrica y se detecta la pulsación. Aparte de su precio, la mejor resistencia al polvo o al agua ha contribuido a su popularidad. Sin embargo, el uso de múltiples capas hace que su brillo se reduzca en, aproximadamente, un 25 por ciento. Pueden usarse con los dedos o el *stylus*, aunque los objetos afilados pueden dañarlas.

Pantallas capacitivas

Debido a su tecnología, las pantallas capacitivas necesitan ser manejadas mediante el dedo o un objeto que disponga de capacitancia, no siendo aptas para los clásicos *stylus*. Por otro lado, pueden detectar varias pulsaciones simultáneas o gestos, lo que permite diversas formas de actuar con ellas, aumentando su capacidad para ser controladas. Las pulsaciones o gestos no requieren presión, basta con deslizar el dedo para controlar la pantalla del dispositivo.

Al ser utilizadas directamente por el dedo, sin objetos intermedios, y no ser necesario realizar ninguna presión, la experiencia para el usuario al manejar este tipo de pantallas es bastante buena. La impresión es de rapidez, de inmediatez, siempre que el sistema operativo y el programa que estemos manejando este bien diseñado.

También tienen sus limitaciones: tener que usar los dedos (aunque se venden algunos *stylus* especiales), menor precisión y no detectar la presión limitan las posibilidades del software que pueden ejecutar.

Apple popularizó las pantallas capacitivas con la salida del iPhone en 2007 y, a partir de ese momento, la tendencia fue que otros fabricantes como HTC, Samsung, LG o Blackberry fueron migrando paulatinamente sus sistemas móviles a este tipo de pantallas.

Las pantallas capacitivas resultaron ser una tecnología más óptima para los sistemas móviles, principalmente por el hecho de que la necesidad de ejercer presión en una pantalla resistiva implica una experiencia de usuario diferente. La respuesta del móvil parece menos intuitiva, más lenta.

Por tanto, para la implementación del sistema de aprendizaje se optaría por sistemas con pantallas capacitivas, diseñadas para usarse directamente con los dedos, característica que sin duda encajaba con el tipo de usuarios a los que estaría destinado el sistema.

Desarrollo

Como hemos comentado, en lo que respecta al desarrollo sobresalen Android y e iOS de Apple, siendo ésta última la que mejores prestaciones ofrece.

La plataforma Windows Phone no existía como tal cuando se comenzó este trabajo, en su lugar estaba una plataforma Windows Mobile que resultaba anticuada en comparación con otros sistemas. La herramienta de desarrollo a usar era Visual Studio (sólo para Windows) y el lenguaje C#. Al tratarse de una plataforma muy extendida era fácil encontrar solución a problemas de desarrollo o ejemplos de programación, aunque contradictoriamente la documentación oficial existente era poco clara y estaba bastante mal organizada. La multitud de versiones del sistema operativo Windows Mobile y las grandes diferencias entre los dispositivos que pueden ejecutar las aplicaciones dificultaban un desarrollo de software unificado y obligaban al programador a estar muy pendiente de las peculiaridades hardware y software de cada dispositivo de destino. Por último, las bibliotecas de .NET Compact Framework habían quedado obsoletas.

Por su parte, Android ofrecía un sistema operativo y un SDK de programación más moderno y adaptado al desarrollo móvil. Las aplicaciones se desarrollaban habitualmente en Java, haciendo uso de Android SDK. Este hecho, junto con su facilidad de integración con entornos de desarrollo como el IDE Eclipse hicieron que muchos programadores se vieran tentados a adoptar esta tecnología.

-

En el caso de la plataforma iOS, representada en su momento por el iPhone y el iPod touch, para desarrollar existían varias herramientas (sólo para MAC OS X), aunque las principales eran Xcode para la programación e Interface Builder para el diseño de la interfaz de usuario gráficamente. El lenguaje empleado para el desarrollo era Objective-C, un superconjunto de C (se podía programar en este lenguaje o incluso en C++) pero totalmente orientado a objetos. El SDK era gratuito y se podía descargar desde el iPhone Developer Center previo registro, desde donde también se podía acceder a múltiples guías de desarrollo en HTML o PDF, HowTo's y códigos fuente de programas de ejemplo. La plataforma parecía ofrecer un entorno de programación robusto y potente.

Así, las propuestas de iOS y Android ofrecían características interesantes. A nivel de desarrollo la opción más sencilla y menos arriesgada hubiera sido optar por la plataforma Android ya que el lenguaje Java era más conocido y la programación se podría llevar a cabo desde cualquier sistema operativo. Sin embargo, el SDK para Android y el propio sistema operativo parecían estar menos desarrollados, ofreciendo al programador menos herramientas, interfaces y mecanismos para lograr sus fines. En este sentido, la plataforma iOS marcaba la diferencia, mostrando aplicaciones muy fluidas, llenas de funciones y ricas en interfaces especialmente diseñadas para ser usadas con las manos. Sus aplicaciones destacaban por su calidad y facilidad de uso y todo apuntaba a que tales resultados eran debidos en gran medida a la existencia de un SDK bien desarrollado.

Adquisición

La mayoría de las propuestas comentadas consisten en *smartphones*, es decir, teléfonos móviles de gama alta. Esto supone que el usuario para adquirir el dispositivo tendría que ser cliente de una compañía de telecomunicaciones que lo distribuyera. Estos terminales normalmente se venden en modalidad de contrato de una línea de telefonía móvil (además con un contrato de permanencia) y en muchos casos asociados a una tarifa de Internet. Todo esto dificulta en gran medida la adquisición por parte de alguna institución

que sólo quiera el dispositivo para ejecutar las aplicaciones destinadas a personas con NEE. La otra opción sería comprarlo libre, con el consecuente incremento de precio (un terminal de estas características rondaría los 500 € en esta modalidad).

Aquí es donde entra en juego el iPod touch, hermano menor del iPhone, una fusión entre PDA y reproductor multimedia con las siguientes características:

- No dispone de teléfono, GPS ni cámara; pero en el resto del hardware es idéntico al iPhone, con la singularidad de que es más delgado.
- Posee el mismo software que el iPhone, corriendo las mismas aplicaciones. Para el desarrollo se emplean los mismos entornos.
- Incluye altavoz (desde la versión 2.0).
- Hereda la popularidad del hermano mayor: la gente conoce el dispositivo y le parece atractivo.
- Su precio es de aproximadamente 200 € y se puede adquirir en cualquier centro comercial, tiendas de electrónica, tiendas de Apple o por Internet, sin vincularse a ninguna compañía de telecomunicaciones.

4.5 Plataforma iOS de Apple

Después de analizar las distintas posibilidades existentes en el mercado, para la implementación de las actividades de aprendizaje se eligieron los dispositivos iOS de Apple: iPhone, iPad y iPod touch.



Figura 4-11 Dispositivos iOS de Apple, de izquierda a derecha: iPod touch, iPad y iPhone.

Todos comparten el mismo sistema operativo, denominado iOS (anteriormente iPhone OS). La última versión del mismo es la 5.1.1 y se espera su actualización a la versión 6.0 para otoño de 2012.

Elegimos esta familia de dispositivos debido a que nos ofrecían las siguientes características:

- *Movilidad:* Es un dispositivo móvil por definición, ofreciendo la portabilidad que buscábamos.
- *Pantalla táctil:* Es el primer dispositivo multi-táctil (Figura 4-12) totalmente diseñado para una interacción con los dedos (en lugar de emplear un lápiz óptico). Su pantalla táctil muestra una respuesta de gran calidad, reaccionado casi instantáneamente al tacto, además de ser capaz de detectar varias pulsaciones a la vez, permitiendo interacciones únicas. Así, los componentes gráficos de la pantalla pueden ser tocados, arrastrados a una nueva posición o moverse paso a paso. La pantalla multi-táctil está integrada por un panel receptor situado bajo una capa protectora que percibe cada

contacto mediante campos eléctricos. A continuación, transmite esa información a una pantalla LCD situada debajo.



Figura 4-12 Tecnología multi-táctil de las pantallas del iPhone y iPod touch.

- *Interacción mediante movimiento del dispositivo:* Incluye un acelerómetro que permite detectar el cambio de posición del dispositivo. Así, por ejemplo, se pueden ejecutar las aplicaciones tanto de forma vertical como apaisada. Agitar o girar el dispositivo puede ser interpretado como una señal de entrada del usuario para realizar una acción, seleccionar un componente gráfico o cambiarlo de sitio. Además, gracias al GPS y la brújula digital que incorpora (modelo iPhone 3GS) también es posible conocer su posición en cada momento y tomar decisiones a partir de ella.
- *Reconocimiento y síntesis de voz:* Permite dar órdenes mediante voz y obtiene voz sintetizada a partir de un texto, lo cual es útil para usuarios que sólo pueden interactuar mediante voz o que necesitan información auditiva como refuerzo.
- *Accesibilidad:* Además del control por voz, iPhone ofrece VoiceOver, el primer lector de pantallas gestual del mundo. Tan solo basta con tocar la pantalla para escuchar una descripción del objeto que se está tocando, y luego tocar dos veces, arrastrar o deslizar según la acción que se quiera realizar. También incluye función de zoom que permite ampliar la pantalla de cualquier aplicación (dispone de hasta 5 aumentos y el usuario puede desplazarse en todas direcciones para ver cualquier parte de la pantalla ampliada). Por último, si el usuario necesita o prefiere más contraste, el dispositivo permite cambiar la pantalla a blanco sobre negro.

- *Multimedia:* Se trata de un dispositivo especialmente diseñado para la reproducción de contenidos y el juego, por lo que tiene grandes capacidades multimedia (sonido y video) y gráfica de alta resolución (incorpora un procesador gráfico dedicado).
- *Conectividad:* Posee conectividad inalámbrica (WiFi y Bluetooth) para poder comunicarse con otros dispositivos o conectarse a Internet.
- *Diseño y motivación:* El diseño minimalista del dispositivo (es todo pantalla, sólo incorpora un botón en la parte frontal) facilita la aceptación del mismo por parte del alumno. Además, el dispositivo puede ser empleado para ejecutar otros juegos o aplicaciones.
- *Facilidad de desarrollo:* Apple proporciona un SDK gratuito para el desarrollo de aplicaciones, así como un medio para su distribución online, el App Store.
- *Precio:* El iPod touch tiene un precio reducido (en torno a los 200€) y es un dispositivo similar al iPhone, aunque sin funciones de teléfono, GPS o cámara. Sin embargo, mantiene todas las funcionalidades que nos interesan.

A continuación profundizaremos en algunas de las características más importantes de estos dispositivos.

4.5.1 Hardware

El iPhone fue el primer dispositivo móvil con interfaz multi-táctil diseñada para ser usada exclusivamente con los dedos. Dispone de Wi-Fi, Bluetooth y 16 GB de capacidad interna (también existen modelos con 32 y 64 GB). Sin duda la principal característica de este dispositivo es la experiencia de usuario que proporciona, gracias a la alta calidad de respuesta de su pantalla táctil, la cual reacciona instantáneamente a las pulsaciones y gestos; y a la usabilidad de su software, diseñado desde el principio para ser usado con los dedos.

El **iPhone 4S** es la 5ª generación del dispositivo iPhone, y fue lanzado oficialmente al mercado el año 2011. La pantalla del iPhone es de 3,5 pulgadas y cuenta con una resolución de 960x640 píxeles. Denominada "*Retina Display*", tiene el cuádruple de resolución (el doble por cada lado) que el modelo de pantalla anterior, la del iPhone 3GS, y con 326 píxeles por pulgada, posee un 78% de los píxeles del iPad 2.

Cuenta con dos cámaras, una frontal para videollamadas y otra trasera, con una calidad 5 megapíxeles y flash fotográfico LED. Ahora es posible grabar video en HD a 720p y la función de autofocus ya esta habilitada para vídeo.

El iPhone posee en su interior un procesador Apple A4 a 1 Ghz e integra un procesador gráfico (GPU) PowerVR SGX 535. Ésta es una característica muy interesante ya que dota al dispositivo de una potencia gráfica equiparable al de una consola de videojuegos, situándolo por encima de una Nintendo DS y al nivel de una PSP (PlayStation Portable). Por último, cuenta con 512 MB DDR SDRAM desarrollados por Samsung.



Figura 4-13 Dispositivos iPhone de Apple.

El **iPod touch** apareció meses después que el iPhone y es un dispositivo multimedia con conexión a Internet mediante Wi-Fi y también dispone de Bluetooth. Se le pueden instalar las mismas aplicaciones que al iPhone al compartir sistema operativo y gran parte del hardware. Actualmente se vende la 4ª generación del iPod touch.

El **iPad** es el *tablet* de Apple para la plataforma iOS. Anunciado el 27 de enero de 2010, el 2 de marzo de 2011 apareció la segunda generación y el 7 de marzo de 2012 la tercera. Se sitúa en una categoría entre un *smartphone* y un portátil.



Figura 4-14 Dispositivo iPad de Apple.

Las funciones son similares al resto de dispositivos portátiles de Apple, como es el caso del iPhone o iPod touch, aunque la pantalla es más grande. Funciona con una versión adaptada del sistema operativo iOS, rediseñada para aprovechar el mayor tamaño del dispositivo. Posee una pantalla multitáctil de 9,7 pulgadas. La resolución es de 1024x768 píxeles para los iPad 1 y 2 y de 2048x1536 píxeles en el caso del iPad 2012 (3ª generación). Existen dos modelos: uno con conectividad a redes inalámbricas Wi-Fi 802.11n y otro con capacidades adicionales de GPS y soporte a redes 3G (4G en el caso del iPad 2012).

La siguiente tabla (Tabla 4-4) lleva a cabo una comparativa de las características más importantes de los dispositivos iOS que Apple distribuye actualmente.

Tabla 4-5 Comparativa de características de los principales dispositivos iOS.

	iPad 3ª Gen.	iPad 2	iPhone 4S	iPhone 4	iPod touch 4ª Gen.
Salida	Mar. 2012	Mar. 2011	Oct. 2011	Jun. 2010	Sep. 2011
Capacidad	16 GB, 32 GB, 64 GB	16 GB, 32 GB, 64 GB	16 GB, 32 GB, 64 GB	8 GB	8 GB, 32 GB, 64 GB
Pantalla /	9.7 pulgadas	9.7 pulgadas	3.5 pulgadas	3.5 pulgadas	3.5 pulgadas

resolución	2048 x 1536	1024 x 768	960 x 480	960 x 480	960 x 480
GPS	Sí (limitado en modelos solo Wi-Fi)	Sí (limitado en modelos solo Wi-Fi)	Sí (GPS asistido)	Sí (GPS asistido)	No
Batería (en horas)	10	10	8 hablar 9 Wi-Fi 10 vídeo 40 audio	10 hablar 10 Wi-Fi 10 video 40 audio	7 vídeo 40 audio
Redes	Wi-Fi (4G opcional)	Wi-Fi (3G opcional)	Wi-Fi 3G/EDGE	Wi-Fi 3G/EDGE	Wi-Fi
Bluetooth	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Cámara	2 cámaras 5 megapixel & 1080p HD video	2 cámaras, 720p HD video & VGA	2 cámaras 8 megapixel & 1080p HD video	2 cámaras 5 megapixel & 720p HD video	2 cámaras 720p video
FaceTime	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Salida de vídeo a TV	1080p HD	1080p HD	720p	No	Sí
Siri	Limitado	No	Sí	No	No
Teléfono	No	No	Sí	Sí	No
Dimensiones (en pulgadas)	9.5 x 7.31 x 0.37	9.5 x 7.31 x 0.34	4.5 x 2.31 x 0.37	4.51 x 2.31 x 0.37	4.4 x 2.3 x 0.28
Peso (en libras)	1.44 (1.46 en modelos 4G)	1.3 (1.34-1.35 en modelos 3G)	0.31	0.3	0.22
Precio (USD)	\$499 - \$829	\$399	\$199-\$399	\$99*	\$229 - \$399*

4.5.2 SDK (Software Development Kit)

El software de desarrollo para iOS (iOS SDK) se puede descargar gratuitamente del iOS Developer Center [iOSDevCenter] previo registro. El paquete incluye los entornos de desarrollo exclusivos para Mac, el simulador del iPhone y todas las bibliotecas y los

-

frameworks necesarios para crear aplicaciones (en el Capítulo 6 se describirán más en detalle todas estas características). Además, a través del sitio para desarrolladores de Apple se puede acceder a gran cantidad de manuales y ejemplos que facilitan el aprendizaje de esta plataforma.

Para poder probar las aplicaciones en un dispositivo real es necesario firmarlas digitalmente con un certificado que Apple proporciona tras solicitar el *Developer Program* (coste: 79 €).

4.5.3 App Store

Una de las mayores revoluciones de esta plataforma es la capacidad que otorga a los desarrolladores para distribuir sus aplicaciones, ya sean gratuitas o de pago, a través del App Store (ver Figura 4-15).

Este escaparate de aplicaciones on-line se encuentra incluido en el iTunes Store (la tienda online de Apple) a la que se accede a través del programa iTunes, disponible tanto en Windows como en Mac.

Una vez que se accede al App Store, las aplicaciones se encuentran organizadas por categorías: educación, entretenimiento, juegos, productividad, utilidad, noticias, etc. También se pueden realizar búsquedas por palabras. Cabe destacar que se pueden crear enlaces en webs a las aplicaciones del App Store.



Figura 4-15 Apple App Store, sección de Educación.

Según las cifras anunciadas por Apple a comienzos de 2012, actualmente existen más de 600.000 aplicaciones en el App Store, superando con creces el catálogo de aplicaciones para Android o Windows Phone. Gran parte del éxito se debe a la revolución marcada por el App Store, consiguiendo alcanzar la cifra de 25.000 millones de descargas de aplicaciones.

4.5.4 Accesibilidad

Para que un teléfono móvil sea revolucionario, tiene que ser universalmente fácil de usar. Por eso, desde el iPhone 3GS se incluye de serie prestaciones de accesibilidad que ayudan a las personas con necesidades especiales a disfrutar de todo el potencial que ofrece iPhone. Veamos las funcionalidades que incorpora en este campo.

VoiceOver

Además del Control por voz, los dispositivos iOS ofrecen VoiceOver (ver Figura 4-16), el primer lector de pantallas gestual del mundo. En lugar de memorizar comandos de teclado o pulsar diminutas teclas de flecha, solo hay que tocar la pantalla para escuchar una descripción del objeto que se está tocando, y luego tocar dos veces, arrastrar o deslizar según la acción que se quiera hacer. VoiceOver habla 21 idiomas y funciona con todas las aplicaciones integradas en iOS.



Figura 4-16 Función *VoiceOver* y ejemplo de uso del “rotor” en iPad.

VoiceOver incluye además un control virtual llamado rotor. Al girar el rotor —moviendo dos dedos en sentido circular sobre la pantalla como si se estuviese girando un dial—, se modifica el modo de avance de VoiceOver por un documento en función del ajuste que se haya seleccionado. Por ejemplo, deslizando arriba o abajo puede avanzarse palabra por palabra o carácter por carácter; perfecto para revisar o editar textos.

Audio mono

Si se tiene audición limitada en un oído, es posible dirigir ambos canales estéreo a los dos auriculares, pudiéndose escuchar los dos canales con cualquier oído.

Blanco sobre negro

Si se necesita más contraste, iPhone 3GS permite cambiar la pantalla a blanco sobre negro. La prestación Blanco sobre negro (ver Figura 4-17) es compatible con Zoom y VoiceOver.

Zoom

El Zoom (ver Figura 4-17) de iPhone permite ampliar la pantalla de cualquier aplicación. Se dispone de hasta 5 aumentos pudiendo desplazarse en todas direcciones para ver cualquier parte de la pantalla ampliada. El Zoom funciona en todas partes, incluidas las aplicaciones del App Store.



Figura 4-17 Opciones de accesibilidad *blanco sobre negro* (izquierda y centro) y *zoom* (derecha).

4.6 Desarrollo de aplicaciones para iOS

Para el desarrollo de una aplicación para el iPhone y en su defecto para el iPod touch, Apple anunció de manera oficial a finales de Febrero de 2008 la salida del SDK del iPhone, un conjunto de herramientas, tecnologías, documentación y código de ejemplo para el desarrollo, testeo, depuración y simulación de las aplicaciones en iOS.

Hasta dicha fecha, la única manera de desarrollar aplicaciones para el iPhone era a través de páginas Web o proyectos Web. Para ello se disponía y se sigue disponiendo de

información en el área de desarrolladores de Apple que guían al programador en dicho cometido de una manera eficiente.

Pero el ansia de multitud de programadores, que habían conseguido hacer un *Jailbreak* del dispositivo (abrir el terminal y conseguir instalar aplicaciones de terceros violando la política de privacidad de Apple y vulnerando la seguridad del teléfono) les llevo a elaborar una SDK oficial permitiendo el desarrollo controlado de aplicaciones nativas para el iPhone.



Figura 4-18 Desarrollo de aplicaciones para iOS.

Lo primero de todo es tener en cuenta que desarrollar para un dispositivo móvil iOS no es lo mismo que hacerlo para un ordenador PC o Mac. Las características que motivan tal afirmación son:

- **Tamaño de la pantalla:** Es considerablemente menor que en un PC/Mac, por tanto el desarrollador debe tener en cuenta dicho aspecto durante todo el desarrollo y más concretamente durante el diseño de la interfaz de usuario. La interfaz de usuario se debe centrar en lo esencial que el usuario pueda necesitar en cada pantalla, o mejor dicho en cada vista.
- **Uso de la memoria:** El uso de la memoria es crucial en cualquier software, pero cuando estamos hablando de móviles aún más. En el iPhone hay que tener

especial cuidado con el uso de memoria que la aplicación lleva a cabo en cada momento. Para ello, como ya se ha comentado anteriormente, se ofrece al desarrollador la aplicación *Instruments* a través de la cual podemos monitorizar el uso que está realizando nuestra aplicación en cada momento. El iPhone introduce un mecanismo a través del cuál se produce un evento cuando el dispositivo se está quedando sin memoria. En el caso de que no se haga nada, la aplicación se cerrará inmediatamente, por tanto es nuestro deber implementar qué hacer en caso de que se produzca dicho evento o aviso (guardar datos, estado de la aplicación etc.).

- **Una aplicación en cada momento:** En iOS sólo se permite que haya una aplicación corriendo o ejecutándose (aplicaciones desarrolladas por nosotros, este es el motivo por el cuál no es posible introducir una máquina virtual de Java y desarrollar aplicaciones en Java; por ahora) a la vez. Si se está utilizando nuestra aplicación y el teléfono suena o nos llega un mensaje la aplicación se cerrará (entra en modo pausa) y es nuestro deber guardar tanto los datos como el estado de la aplicación lo más rápido posible, para ofrecer al usuario un entorno rico y agradable, y no ofrecerle una experiencia de usuario negativa.
- **Una pantalla en cada momento:** Esta es una de las grandes diferencias entre una aplicación de escritorio y una aplicación para un móvil, y es que el iPhone sólo permite una ventana simultánea en el dispositivo. Dicha ventana puede tener varias vistas pero el usuario accederá a ellas de manera secuencial y nunca simultáneamente.
- **Simplicidad absoluta (minimizar la ayuda):** Este es uno de los aspectos en los que actualmente muchas aplicaciones para móvil carecen. Y es que el usuario una vez arrancada la aplicación nunca debe preguntarse qué hacer o cómo hacer tal cosa. La simplicidad de la aplicación debe ser absoluta evitando en primer lugar tener que recurrir a implementar una ayuda.

4.6.1 Estilo de las aplicaciones

Suponiendo que vamos a desarrollar una aplicación nativa, hay que saber que existen, fundamentalmente, tres tipos de estilo de aplicaciones:

- 1) **Aplicaciones de productividad** (ver Figura 4-19): las aplicaciones productivas son esa clase de aplicaciones donde prima ante todo la organización y manipulación de la información. El usuario en este tipo de aplicaciones agradece ante todo encontrar fácilmente la información, sin prestar demasiada atención a la interfaz de usuario. La información, en este tipo de aplicaciones, se aconseja mostrarla de lo más general a lo más específico, permitiendo que sea el usuario quien navega si lo desea desde menús más generales a menús con un nivel de detalle mayor.

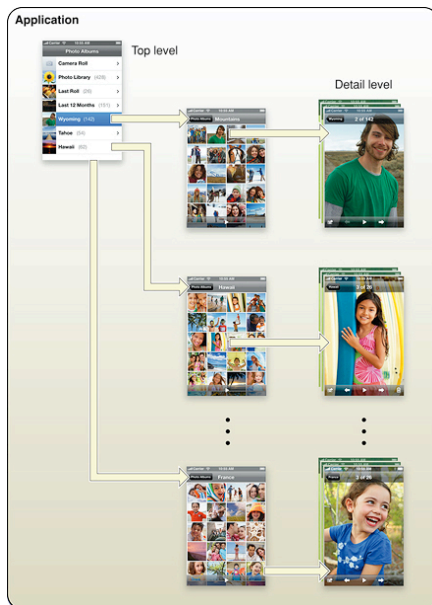


Figura 4-19 Distribución de información en las aplicaciones de productividad.

- 2) **Aplicaciones de utilidad** (ver Figura 4-20): las aplicaciones de utilidad se caracterizan por requerir la mínima acción del usuario para mostrar la información. Suelen ser visualmente atractivas y la información se organiza en una sucesión de vistas, en contraste con las productivas que la información se organiza de manera jerárquica. El usuario no necesita navegar en vistas más específicas para encontrar la información, sino que el tipo de información es la misma en cada vista. El usuario navega por las diferentes vistas para encontrar la misma información pero de diferentes objetos.

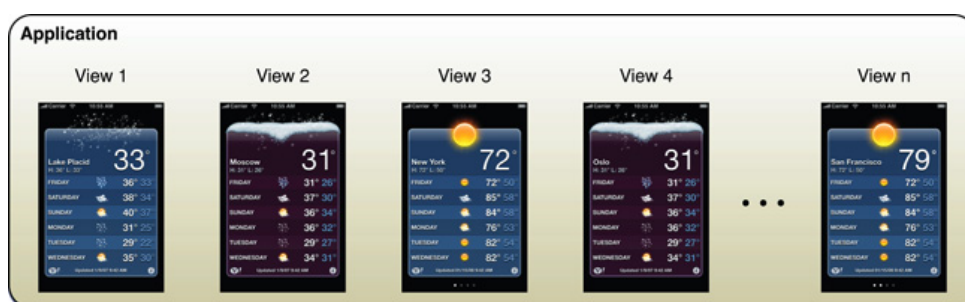


Figura 4-20 Las aplicaciones de productividad presentan los datos en forma de lista.

- 3) **Aplicaciones a pantalla completa (o inmersivas)** (ver Figura 4-21): este tipo de aplicaciones ofrecen todo su contenido a pantalla completa y con una riqueza visual excelente. Videojuegos, música o reproductores de vídeo son las que encajan en este tipo de aplicaciones donde lo que busca el usuario es divertirse y pasarlo bien. Se basan en el contenido visual y en la experiencia de usuario. Utilizan una cantidad enorme de información pero que no se muestra al usuario, por lo que éste no necesite que se le muestren barras de navegación o métodos de acceder a la información como sucede en las dos clases anteriores de aplicaciones.



Figura 4-21 Una aplicación inmersiva no tiene que ser necesariamente un juego.

4.6.2 El lenguaje Objective-C

Objective-C es un lenguaje de programación orientado a objetos creado como un superconjunto de C pero que implementase un modelo de objetos parecido al de Smalltalk. Originalmente fue creado por Brad Cox y la corporación StepStone en 1980. En 1988 fue adoptado como lenguaje de programación de NEXTSTEP y en 1992 fue liberado bajo licencia GPL para el compilador GCC. Actualmente se usa como lenguaje principal de programación en Mac OS X y GNUStep.

La plataforma iPhone OS usa el lenguaje Objective-C para el desarrollo de las aplicaciones. Objective-C es un lenguaje orientado a objetos que extiende el lenguaje estándar ANSI C. La sintaxis básica así como el diseño están basados en Smalltalk, uno de los primeros lenguajes orientados a objetos.

Historia del lenguaje

A principios de los 80, el software se desarrollaba usando programación estructurada. La programación estructurada se estableció para ayudar a dividir los programas en pequeñas partes, haciendo más fácil el desarrollo cuando la aplicación se volvía muy grande. Sin embargo, como los problemas seguían creciendo al pasar el tiempo, la programación estructurada se volvió menos útil ya que más sentencias tenían que ser escritas una y otra vez, llevando a código *espaghetti* y dificultando la reutilización de código.

Muchos vieron que la programación orientada a objetos sería la solución al problema. De hecho, Smalltalk ya tenía solucionados muchos de estos problemas: algunos de los sistemas más complejos en el mundo funcionaban gracias a Smalltalk. Pero Smalltalk usaba una máquina virtual, lo cual requería mucha memoria para esa época, y era demasiado lento.

Objective-X fue creado principalmente por Brad Cox y Tom Love a inicios de los 80 en su compañía Stepstone. Ambos fueron iniciados en Smalltalk mientras estaban en el Programming Technology Center de ITT en 1981. Cox se vio interesado en los problemas de reutilización en el desarrollo de software. Se dio cuenta de que un lenguaje como Smalltalk sería imprescindible en la construcción de entornos de desarrollo potentes. Cox empezó a modificar el compilador de C para agregar algunas de las capacidades de Smalltalk. Pronto tuvo una extensión para añadir la programación orientada a objetos a C la cual llamó OOPC (Object-Oriented Programming in C). Love mientras tanto, fue contratado por Shlumberger Research en 1982 y tuvo la oportunidad de adquirir la primera copia de Smalltalk-80, lo que influyó en su estilo como programador.

Para demostrar que se hizo un progreso real, Cox mostró que para hacer componentes de software verdaderamente intercambiables sólo se necesitaban unos pequeños cambios en las herramientas existentes. Específicamente, éstas necesitaban soportar objetos de manera flexible, venir con un conjunto de bibliotecas que fueran utilizables, y permitir que el código (y cualquier recurso necesitado por el código) pudiera ser empaquetado en un formato multiplataforma.

Cox y Love luego fundaron una nueva empresa, Productivity Products International (PPI), para comercializar su producto, el cual era un compilador de Objective-C con un conjunto de bibliotecas potentes.

En 1986, Cox publicó la principal descripción de Objective-C en su forma original en el libro *Object-Oriented Programming, An Evolutionary Approach*. Aunque él fue cuidadoso en resaltar que hay muchos problemas de reutilización que no dependen del lenguaje, Objective-C frecuentemente fue comparado detalladamente con otros lenguajes.

En 1988, NeXT, la compañía que inició Steve Jobs después de Apple, licenció Objective-C de StepStone (el propietario de la marca Objective-C) y lanzó su propio compilador y bibliotecas de Objective-C en los que se basaba la interfaz gráfica de NeXTSTEP. Aunque las estaciones de trabajo de NeXT fueron un fracaso, las herramientas fueron muy alabadas en la industria. Esto llevó a NeXT a dejar la producción de hardware y enfocarse en herramientas de software, vendiendo NeXTSTEP y posteriormente OPENSTEP como plataformas para programación.

El proyecto GNU empezó a trabajar en una versión libre de NeXTSTEP, llamada GNUstep, basándose en el estándar OPENSTEP. Dennis Glatting escribió el primer entorno de ejecución gnu-objc en 1992, y Richard Stallman escribió el segundo poco tiempo después. El entorno GNU Objective-C, usado desde 1993, es el desarrollado por Kresten Krab Thorup cuando era un estudiante universitario en Dinamarca.

Después de adquirir NeXT en 1996, Apple usó OpenStep en su nuevo sistema operativo, Mac OS X. Este incluía las herramientas de desarrollo de NeXT, Project Builder (luego reemplazado por Xcode) y también el diseñador de interfaces, Interface Builder.

Características

Objective-C provee sintaxis para la definición de clases, métodos, propiedades, protocolos e interfaces. A su vez, toda la toma de decisiones se realiza en tiempo de ejecución y se dejan pocas decisiones para el compilador. Los diferentes tipos de fichero existentes se pueden resumir en la siguiente tabla:

Tabla 4-6 Tipos de ficheros en Objective-C.

Extensión	Tipo
.h	Fichero de cabecera. Contiene las declaraciones de clases el tipo, funciones y constantes.
.m	Fichero de código fuente en Objective-C

.mm	Fichero de código fuente. Contiene código en C++. Sólo se utiliza para referenciar a código anteriormente creado y que se quiere enlazar en la aplicación.
-----	--

Al igual que C++, Objective C es una extensión de C para hacerlo orientado a objetos, pero a diferencia de C++, Objective-C está basado en ideas del mundo de Smalltalk, lo cual hace que Objective-C sea un lenguaje más limpio, pequeño y rápido de aprender que C++. Sin embargo, Objective-C es un lenguaje mucho menos usado que C++. El mundo de Mac OS X es quizás una excepción a esta regla debido a que Objective-C es el lenguaje utilizado para programar en Cocoa, la nueva API orientada a objetos de Mac OS X que presente mejorar la antigua API de programación Carbon.

Debido a que Objective-C es una extensión de C compatible hacia atrás, muchas características de la sintaxis de C han sido heredadas por Objective-C, entre ellas:

- Sentencias de control de flujo.
- Los tipos de datos fundamentales, estructuras y punteros.
- Conversiones implícitas y explícitas entre tipos.
- Los ámbitos de las variables: globales, estáticas y locales.
- Las funciones y su sintaxis.

Como podemos ver, Objective-C es C, pero que le han añadido los mecanismos justos e indispensables para que permita la programación orientada a objetos. Se ha portado la simplicidad y flexibilidad del paso de mensajes existente en Smalltalk, y además se ha hecho muy bien. Para muestra un ejemplo:

```
[perro muerde: hueso];  
// Tan sencillo como eso:  
// Le pasamos el mensaje muerde con el parámetro hueso al objeto perro
```

Mientras que C++ se diseñó para generar código eficiente para las máquinas, Objective-C se creó para facilitarle las cosas a los programadores. Tiene la fama de permitir realizar aplicaciones muy grandes en poco tiempo.

-

Por una parte es trivial emplear cualquier librería o código existente hecho en C (Objective-C es C, como se ha dicho), y por otra nos proporciona cosas que, por ejemplo, en C++ no son posibles, como el tipado dinámico. No podía ser de otro modo, tomado el modelo de paso de mensajes de Smalltalk. Es decir, la resolución de tipos se retrasa lo más posible, siendo viable incluso enviar un mensaje a un objeto que no lo soporta. De este modo, puede enviar un mensaje a un objeto (todos bajo el tipo `id`), y si no sabe como interpretarlo, se puede reenviar a otro objeto que si sabe manejarlo. Esta relajación de tipos incluso permite hacer enlazado dinámico y añadir clases en tiempo de ejecución.

Además, se permite herencia múltiple en la especificación, es decir, una clase toma las características de varias clases base, mediante protocolos, de forma similar a lo que proporciona Java con sus interfaces.

4.6.3 Tecnologías en iOS

Como ya hemos visto, el sistema iOS es el sistema operativo que utiliza iPhone, iPad y iPod touch. Está basado en una variante del Mach kernel que se encuentra en Mac OS X. El sistema iOS incluye el componente de software "Core Animation" de Mac OS X v10.5 que, junto con el PowerVR MBX (el hardware de 3D), es responsable de las animaciones usadas en el interfaz de usuario.

iOS tiene 4 capas de abstracción (ver Figura 4-22): la capa del núcleo del sistema operativo, la capa de servicios principales, la capa de medios (tecnologías de gráficos, audio y video) y la capa denominada Cocoa Touch.

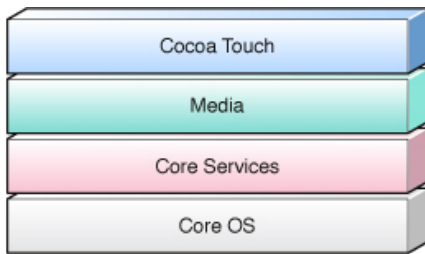


Figura 4-22 Capas en el sistema operativo iOS.

Cocoa Touch

Cocoa Touch es la capa más importante de todas en iOS. Comprende dos Frameworks fundamentales, como son el UIKit y el Foundation Framework. Se puede decir que Cocoa Touch es una evolución del API, ya existente en la plataforma Mac, llamada Cocoa, añadiendo características para el soporte de la tecnología multi-táctil.

Esta capa incluye multitud de Frameworks, aunque los más relevantes para el desarrollo de este proyecto son:

- UIKit: Framework en Objective-C que provee la infraestructura para la implementación de los gráficos, la estructura de la aplicación, el control de los eventos, el manejo de la interfaz, la representación de las vistas y controles así como el soporte de texto y contenido Web. Soporta a su vez código para el manejo del acelerómetro, la cámara, la librería de fotos o toda la información que posee el dispositivo.
- GameKit: Framework destinado a dar soporte para la conectividad peer-to-peer entre dispositivos y funcionalidades de transferencia de voz entre aplicaciones. Este Framework aparece en la versión 3.0 del iPhone OS (no es compatible con las anteriores) y basa su funcionamiento en la tecnología Bonjour de Apple [Bonjour].

Media

Esta capa contiene los Frameworks y servicios dependientes de Core Services y que proveen los servicios de gráficos y multimedia a la capa superior, Cocoa Touch. Incluye,

-
entre otros, los siguientes Frameworks: Core Graphics, OpenGL ES, Core Animation, Core Audio y tecnologías de video (AV Foundation y MediaPlayer).

Core Services

Los Frameworks de esta capa proveen la manipulación de strings, colecciones, el manejo de contactos y las preferencias así como las utilidades de URL o de la red.

Esta capa incluye el Framework Core Foundation, el cual ofrece una abstracción a los tipos de datos, como strings y colecciones.

Core OS

Esta es el nivel que contiene el Kernel, los ficheros del sistema y la infraestructura de red, seguridad, manejo de la memoria y los drivers del dispositivo.

4.6.4 Herramientas de desarrollo

Para el desarrollo de una aplicación que pueda ser instalada de manera oficial en un dispositivo iOS se dispone principalmente de tres herramientas: Xcode, Interface Builder e Instruments. En los siguiente puntos describiremos brevemente cada una de ellas.

Xcode

Se trata de un IDE (entorno integrado de desarrollo) que permite escribir, compilar, ejecutar y depurar el código, así como organizar los ficheros por proyectos e importarlos y exportarlos de manera sencilla y eficiente (ver Figura 4-23).

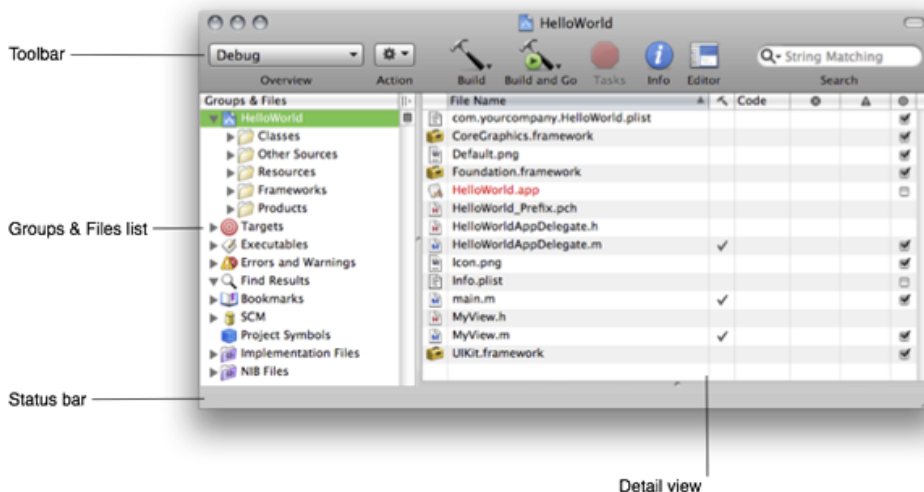


Figura 4-23 Ventana de proyecto en el IDE Xcode

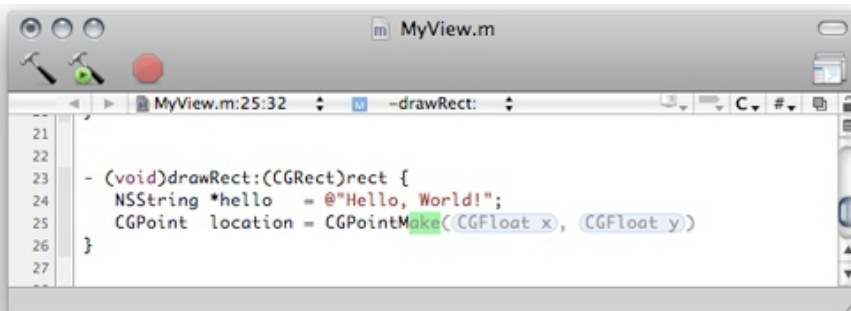


Figura 4-24 Ventana de edición en Xcode con código fuente de Objective-C.

Esta herramienta trabaja con ficheros Java (.java), C/C++ (.h,.c,.cpp), Objective-C (.h,.m) y Objective-C++ (.h,.m,.mm), e incluso podemos hacer un programa parte en Objective-C y parte en Java. Pero concretamente, para desarrollar una aplicación para el iPhone sólo es disponible actualmente hacerlo en Objective-C (ver Figura 4-24).

Cuando se está desarrollando una aplicación en Xcode, se puede elegir entre realizar la ejecución en un simulador o en el propio terminal conectado al Mac (ver Figura 4-25). El

simulador provee un entorno local de ejecución sin la necesidad de tener que conectar el iPhone, muy adecuado en las primeras fases del desarrollo.

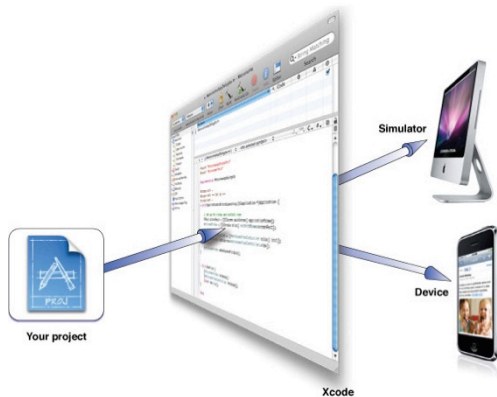
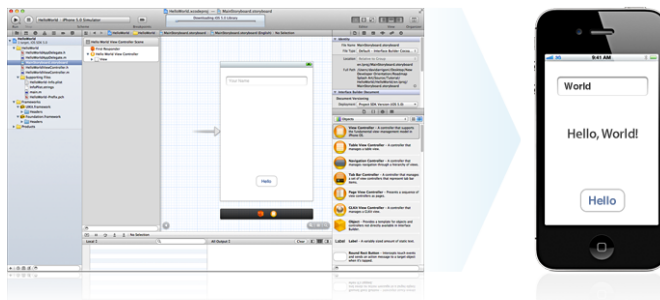


Figura 4-25 Proceso de ejecución de un proyecto de Xcode.

Interface Builder

Es la herramienta para el desarrollo visual de la interfaz gráfica de las aplicaciones tanto para Mac como recientemente para el iPhone. Mediante drag and drop (arrastrar y soltar) se van añadiendo los componentes, controles y creando la interfaz de la aplicación.



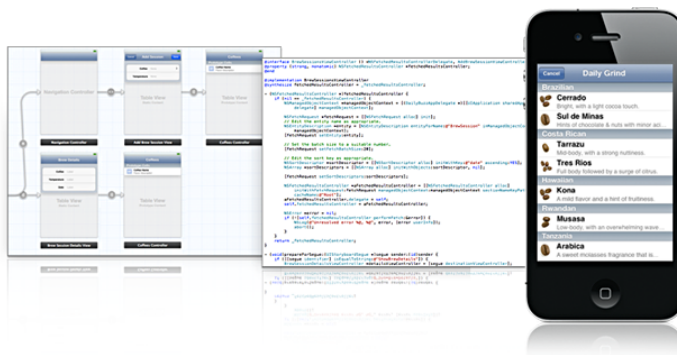


Figura 4-26 Diseño de interfaces en iOS.

Se genera código envuelto en ficheros .nib (ficheros de descripción de la componente gráfica) que se cargan al arrancar la aplicación y que usa el Framework Cocoa Touch para pintar la ventana con sus componentes, vistas y controles en la pantalla.

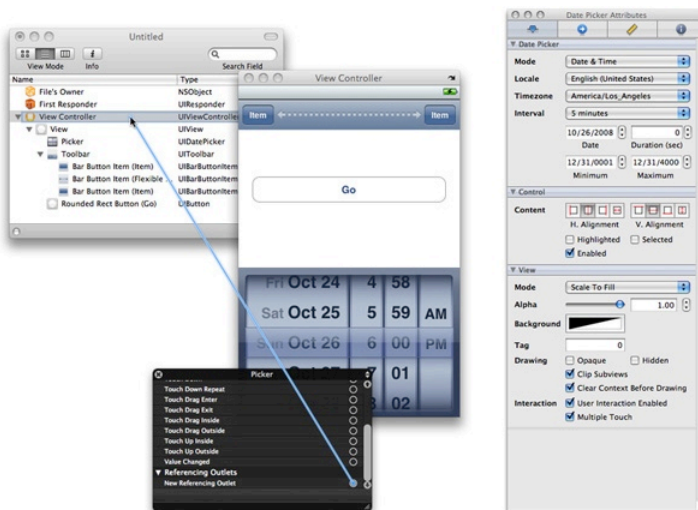


Figura 4-27 Interface Builder: proceso de creación de la interfaz de usuario.

Instruments

Instruments es una potente herramienta de depuración y de análisis de rendimiento de las aplicaciones. Permite ejecutar la aplicación tanto en el simulador como en el iPhone y realizar trazas de la memoria que está consumiendo en cada momento (un aspecto vital de

las aplicaciones al ser ejecutadas en un entorno con más limitaciones de memoria y rendimiento que en una CPU) así como del uso de la batería que está haciendo.

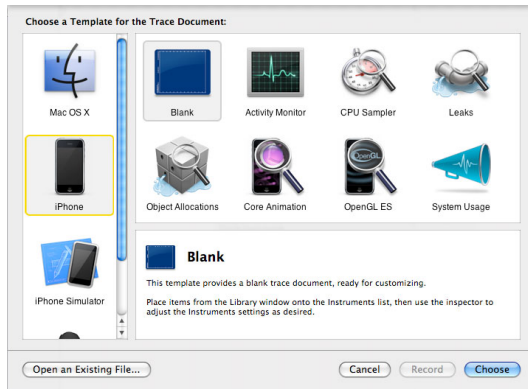


Figura 4-28 Ventana inicial de la herramienta Instruments.

4.6.5 Entorno de ejecución de una aplicación

Por último, conocer el entorno de ejecución de las aplicaciones es fundamental y último requisito que como desarrolladores debemos estudiar para poder abordar el desarrollo de la aplicación de forma eficiente. El siguiente diagrama (Figura 4-29) ilustra el ciclo de vida de una aplicación:

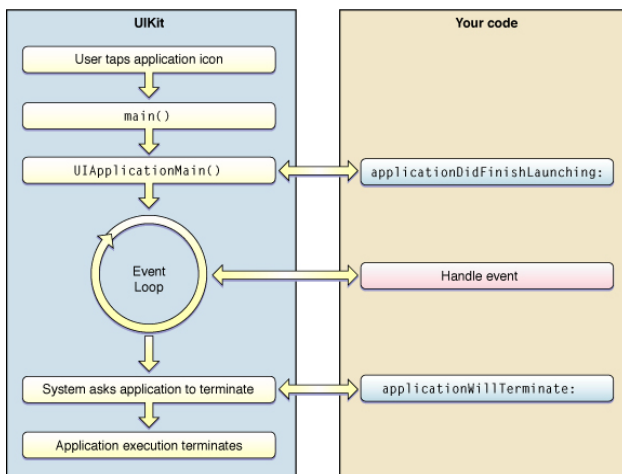


Figura 4-29 Diagrama que muestra el ciclo de vida de una aplicación para iPhone

Como se muestra en el diagrama anterior, una vez que el usuario presiona el icono de la aplicación se inicia el ciclo de eventos y dibujado (ver Figura 4-30), el cual captura los eventos y responde ante ellos. Pero existen eventos que pueden parar dicho ciclo de ejecución, como puede ser que el usuario presione el botón de *Home*, reciba una llamada de teléfono o reciba una notificación de falta de memoria. Al sólo poder ejecutarse una aplicación simultáneamente, la actual se cerrará terminando su ejecución.

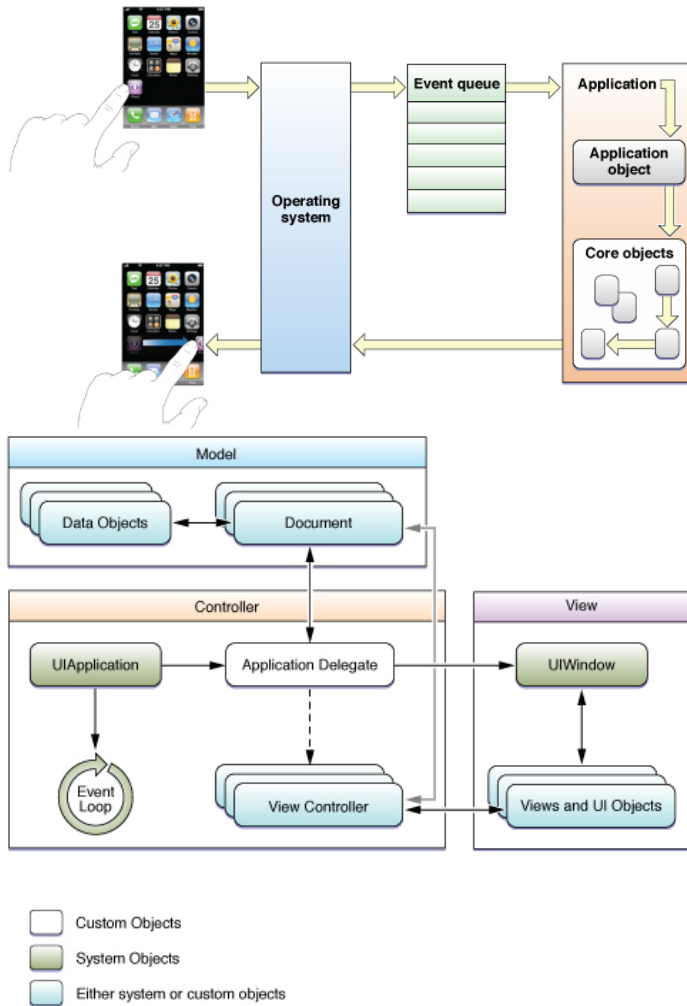


Figura 4-30 Diagrama que muestra el ciclo de eventos y dibujado

El sistema detecta los eventos ocurridos en el dispositivo y los coloca en “la cola de eventos de la aplicación”. El objeto de la aplicación coge el evento superior de la cola y lo delega en el objeto determinado para su ejecución.

4.6.6 Sandbox y bundle de la aplicación

El SandBox es un conjunto de controles que limitan a la aplicación (por motivos de seguridad) el acceso a ficheros, recursos de red, de hardware etc. Toda aplicación instalada reside en un espacio de disco donde ninguna otra aplicación tiene acceso.

A partir del directorio root de la aplicación y su identificador único, el sistema construye el path o ruta del directorio único de la aplicación:

```
/ApplicationRoot/ApplicationID
```

Por tanto, durante la instalación, el sistema configura el entorno de ejecución de la aplicación, copia el Bundle en el directorio único y crea los subdirectorios correspondientes en el inicio.

Este Sandbox (espacio único de cada aplicación) simplifica las operaciones de acceso, restauración y desinstalación. El Sandbox está formado por los siguientes directorios:

```
<Application_Home>/AppName.app  
<Application_Home>/Documents/  
<Application_Home>/Library/Preferences  
<Application_Home>/tmp/
```

El Bundle es un directorio en el sistema de ficheros del iPhone que agrupa los recursos comunes de la aplicación (ejecutable, imágenes, recursos de internacionalización).

4.7 Programación iOS con tecnologías multiplataforma

Aunque el desarrollo para iOS se encuentra vinculado habitualmente a la herramienta Xcode y el lenguaje de programación Objective-C, en los últimos años han aparecido algunos Frameworks que permiten el desarrollo de aplicaciones iOS haciendo uso de

tecnologías Web (HTML5, Javascript y CSS) facilitando de este modo la creación de productos multiplataforma. Algunos sistemas de este tipo son:

- **PhoneGap** [PhoneGap]. Se trata de Framework Open-source que permite diseñar aplicaciones para Android, iOS, Windows Phone, Blackberry , Bada o Simbian. En PhoneGap las aplicaciones se diseñan haciendo uso de tecnologías como HTML5, Javascript o CSS3 en lugar de lenguajes nativos como Objective-C o Java. PhoneGap ofrece una serie de bibliotecas que actúan a modo de *wrapper* o envoltorio permitiendo la ejecución del código desarrollado como si fuera una aplicación nativa. En 2011 la tecnología fue adquirida por Adobe.
- **Corona SDK** [Corona]. Permite la programación de aplicaciones multiplataforma mediante el lenguaje Lua. Para usar el SDK es necesario abonar una suscripción periódica.
- **Appcelerator Titanium SDK** [Appcelerator]. Se trata de un software para desarrollar aplicaciones para smartphones, tablets o sistemas de escritorio haciendo uso de tecnología web.
- **Adobe Air** [AdobeAir]. Tecnología desarrollada por Adobe con la finalidad de poder ejecutar en diferentes plataformas los desarrollos en Flash, ActionScript, HTML o Javascript realizados con sus aplicaciones de diseño como Adobe Flash o Adobe Flex.

El uso de alguna de estas tecnologías ha crecido en gran medida desde su aparición, principalmente por la adopción por parte profesionales de la programación web o de empresas que basan sus modelo de negocio en el desarrollo de aplicaciones multiplataforma.

No obstante, el empleo de este tipo de tecnologías presenta algunas limitaciones, siendo la principal la dificultad para crear aplicaciones fluidas y con interfaces ricas capaces de sacar partido a las capacidades del dispositivo.

Uno de los mayores ejemplos de esta problemática lo aportó recientemente la empresa Facebook: en un primer momento publicó una aplicación nativa para el sistema iOS desarrollada íntegramente en HTML5 con el objetivo de llevar a cabo un desarrollo más reutilizable entre sus diferentes plataformas. Sin embargo, la aplicación no soportó la comparación con otras aplicaciones similares desarrolladas con el lenguaje nativo Objective-C, sobre todo a nivel de velocidad y fluidez. Finalmente, en verano de 2012 Facebook se vio obligada a sacar una versión mucho más fluida, desarrollada de forma nativa, ante el gran número de críticas que la anterior versión había recibido.

4.8 Dispositivos iOS para educación

Los dispositivos iOS pueden ser de gran utilidad en educación gracias a diferentes prestaciones: sus aplicaciones integradas, algunas características que le otorgan un valor añadido y finalmente las apps de terceros:

- **Apps integradas.** Aplicaciones como Mail (lector de correos), Safari (navegador web), FaceTime (videoconferencias), Calendario, Notas, Recordatorios, Mapas o Cámara pueden servir de apoyo para cualquier estudiante.
- **Prestaciones extra.** Los dispositivos iOS pueden mostrar imágenes en una pantalla externa (TFT o VGA) haciendo uso de conectores específicos o mediante la funcionalidad de vídeo en espejo haciendo uso de un dispositivo Apple TV. Con esta característica, compatible con iPhone 4S, iPad 2 y nuevo iPad, los alumnos de un aula o el profesor podrían mostrar el contenido de la pantalla de su dispositivo de forma inalámbrica a través de Wi-Fi, escenario de gran utilidad didáctica si se quiere fomentar el trabajo colaborativo. Otras prestaciones a destacar serían la posibilidad de compartir archivos entre el ordenador y apps a través de la función

File Sharing, imprimir de forma inalámbrica mediante la tecnología AirPrint o las opciones de accesibilidad que facilitan el uso de los dispositivos por parte de alumno con necesidades educativas especiales.

- **Apps de terceros para educación.** Existen multitud de apps educativas para iOS en el App Store de Apple, tan solo hace falta darse una vuelta por el App Store de España⁷.

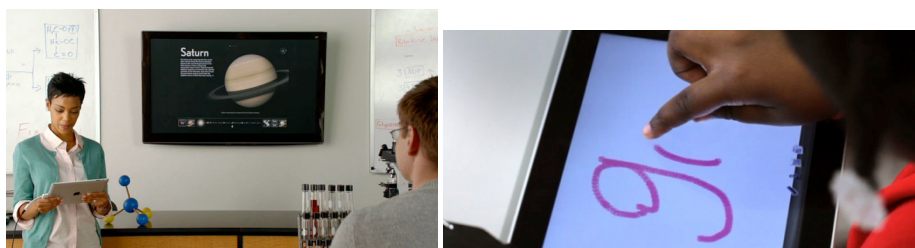


Figura 4-31 Funcionalidad de vídeo en espejo (izquierda) y app educativa para iPad (derecha).

Además de las prestaciones señaladas anteriormente, en [Milligan, 2010] se enumeran diez aplicaciones específicas del iPad en el campo educativo:

- 1) Acceso ubicuo a la información. Gracias al iPad con conexión a Internet podremos acceder a toda la información y recursos en todo momento y lugar.
- 2) Fomenta el aprendizaje activo. El iPad incorpora multitud de funcionalidades multimedia interactivas que pueden promover la motivación y la participación del alumnado.
- 3) Personalización del aprendizaje. El profesorado puede diseñar, transferir y aplicar planes de estudio adaptados a las necesidades e intereses del alumnado de forma personalizada.

⁷ App Store España: <http://itunes.apple.com/es/genre/mobile-software-applications/id6017?mt=8>

- 4) Coste razonable. El iPad es equiparable o incluso más económico que muchos ordenadores personales y su precio podría reducirse aún más si se hiciera un uso extensivo en las instituciones educativas.
- 5) Multitud de funcionalidades multimedia y simplicidad de uso para el alumnado y el profesorado.
- 6) Favorece el Mobile Learning y sustituye todos los libros de texto y otros materiales escolares por un dispositivo único y portable.
- 7) Estimulación para la creación de materiales educativos adaptados a estos dispositivos por parte del mundo editorial especializado, lo que supone una revolución a nivel de producción y distribución en este sector empresarial.
- 8) Fomenta la interacción social entre el alumnado.
- 9) Ayuda a la gestión y organización escolar a nivel individual y de las instituciones educativas (a través de funcionalidades como Calendario, Notas o iTunes U).
- 10) Fomenta la apertura de comunidades de aprendizaje y redes sociales de conocimiento mediante el aprendizaje colaborativo en trabajos y proyectos no necesariamente circunscritos únicamente a un grupo de clase o a un centro escolar.

4.9 Conclusiones

A lo largo de esta sección hemos recapitulado todos los requisitos a nivel de dispositivos que habíamos obtenido tras el estudio de las necesidades de los usuarios a los que va dirigida la plataforma: tanto los alumnos con NEE como sus familiares y educadores.

Tras analizar en profundidad el mercado de la tecnología móvil llegamos a la conclusión de que los dispositivos de la plataforma iOS de Apple son los que mejor se adaptan a los requerimientos debido a las múltiples características que incorporan.

Los desarrolladores de dispositivos móviles encontraron en la salida del iPhone y la distribución del SDK una oportunidad única de crear aplicaciones sobre un dispositivo que

integraba una cantidad enorme de nuevas tecnologías. El uso de la interfaz multi-táctil, los acelerómetros o la localización permiten crear aplicaciones o videojuegos con una riqueza visual, interfaz y sobre todo experiencia de usuario sobresaliente.

Disponer a su vez de buenas herramientas de desarrollo y de una plataforma estable que lo sustenta todo, basada en Mac OS X y con Cocoa Touch como estandarte, hace que el proceso de desarrollo de una aplicación para iOS se centre exclusivamente en transmitir correctamente nuestro objetivo o finalidades de la aplicación desarrollada.

Todas estas características lo convierten en una plataforma muy interesante para la investigación tanto en el campo de la Interacción Persona-Ordenador como en el del software para personas con necesidades especiales.

Referencias del capítulo

- | | |
|------------------|---|
| [AdobeAir] | Tecnología Air de Adobe: http://get.adobe.com/es/air/ |
| [Appcelerator] | Tecnología Appcelerator Titanium SDK:
http://www.appcelerator.com/platform/titanium-sdk/ |
| [Bonjour] | Tecnología de comunicación Bonjour de Apple:
http://www.apple.com/bonjour |
| [Corona] | Tecnología multiplataforma Corona SDK:
http://www.coronalabs.com/products/corona-sdk/ |
| [Gartner, 2010] | Gartner. Challenges of Mobile Application Development, 2010. Fuente:
http://www.gartner.com/technology |
| [Milligan, 2010] | http://www.onlinecolleges.net/2010/06/21/10-ways-the-ipad-will-forever-change-education/ |
| [PhoneGap] | Framework open-source PhoneGap: http://phonegap.com |

- [Rahimian, 2008] Rahimian, V.; Ramsin, R.; , "Designing an agile methodology for mobile software development: A hybrid method engineering approach," *Research Challenges in Information Science, 2008. RCIS 2008. Second International Conference on* , vol., no., pp.337-342, 3-6 June 2008. doi: 10.1109/RCIS.2008.4632123
- [Satyanarayanan, 1996] Satyanarayanan , M. Fundamental Challenges in Mobile Computing. In Proc. Of the Fifteenth anual ACM symposium on Principles of distributed computing, 1996, pp. 1-7.
- [Thimbleby, 1990] Thimbleby, H. *User interfaces design*. ACM Press Addison-Wesley Publishing 1990.
- [Wired, 2010] Artículo en Wired, *The Web Is Dead. Long Live the Internet*. Chris Anderson and Michael Wolff: http://www.wired.com/magazine/2010/08/ff_webrip/all/1

Diseño de sistemas de *mobile learning*

5.1 Introducción

Como resultado del trabajo de investigación realizado y descrito en los capítulos anteriores, enmarcado dentro del área de los sistemas software de apoyo para alumnos con NEE, se proponen dos aportaciones principales:

- 1) Una caracterización de los sistemas software de mobile learning, sintetizando los análisis realizados sobre el marco teórico, pedagógico y tecnológico de los sistemas de aprendizaje actuales y descritos en mayor profundidad en secciones anteriores.
- 2) Una propuesta de modelo de desarrollo que atienda las particularidades y requisitos de estos sistemas y diseñado con el fin de superar los riesgos y dificultades identificados para este tipo de desarrollos.

Este capítulo se centrará en desarrollar ambas propuestas para luego mostrar su aplicación en el proceso de desarrollo real de un proyecto de mobile learning.

5.2 Propuesta de caracterización del sistema y metodología de desarrollo

5.2.1 Caracterización del sistema

Se considera que los sistemas que se desarrollen para dar soporte a un aprendizaje móvil orientado a alumnos con NEE deben estar caracterizados por incorporar aspectos de los siguientes modelos de aprendizaje [Naismith, 2005] [ISEA, 2009]:

- **Móvil.** Los contenidos deben ser facilitados a través de herramientas móviles, proporcionando autonomía en el proceso de aprendizaje, facilitando y estimulando la realización de actividades en cualquier lugar e implicando en la educación a profesionales y familiares.
- **Conductual.** Las aplicaciones de aprendizaje se basan en la representación de problemas donde la solución este dirigida por elementos que aporten un valor para la solución, además de ofrecer refuerzo del conocimiento presentado a través de retroalimentación.
- **Constructivista.** El alumno construye su propio conocimiento basado en nuevas ideas y conocimientos previos, las actividades deben de ofrecer esquemas de virtualización de contextos.
- **Situacional.** Tiene mucho de semejante con el constructivismo, sin embargo difiere principalmente en que los escenarios presentados al alumno, no son simulados sino reales. En ese sentido, las aplicaciones móviles deben de ser capaces de adaptarse al contexto donde estén inmersas y presentar información *ad-hoc* dependiendo de la situación, lugar o tiempo donde se encuentre el alumno.
- **Cooperativo.** Ofrecer mecanismos de interacción entre los agentes involucrados en el proceso, donde se resalten los medios utilizados para comunicarse entre sí, y utilizando mecanismos de coordinación de tareas o grupos.

- **Informal.** Las herramientas deben ofrecer vías para adquirir el conocimiento en un esquema más libre, en donde las actividades no necesariamente dependen de un currículo y generalmente las experiencias puedan darse fuera de clase. El hecho de que sea un aprendizaje libre no significa que carezca de control, sino más bien que está incrustado en el espacio y las situaciones particulares a las que se enfrenta el alumno.
- **Asistido.** La tecnología toma un papel fundamental principalmente en la coordinación del alumno y los recursos que se le proporcionan, así como por ofrecer canales de retroalimentación y control para el educador, permitiendo medir el grado de avance en las actividades realizadas por cada alumno. También en este esquema, las tecnologías móviles pueden ofrecer mecanismos para planificar actividades o tareas por parte de los alumnos, sirviendo de agenda de trabajo.
- **Adaptable.** Los educadores deben poder definir un plan de aprendizaje que consista en actividades de clase personalizadas. Estas actividades estarán diseñadas para ser lo suficientemente flexibles como para adaptarse a las características de cada usuario, a sus intereses y necesidades de aprendizaje, integrando datos personales de su propio mundo interior, y respetando su ritmo de trabajo propio. Las actividades deben ser flexibles y poder ser modificadas durante una sesión de aprendizaje.

De este modo, nuestro objetivo es diseñar sistemas de aprendizaje móvil que contemplen los aspectos mostrados en la Figura 5-1.

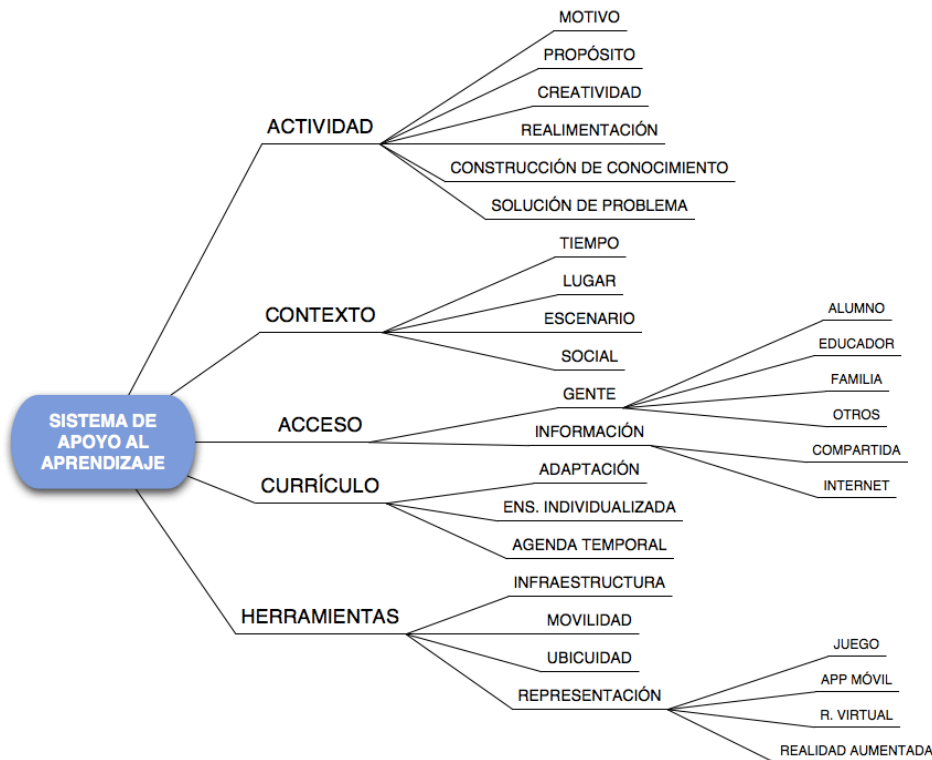


Figura 5-1 Grafo de conceptos para un sistema de apoyo al aprendizaje.

5.2.2 Metodología de desarrollo

Modelo de desarrollo

El proceso de Ingeniería del Software para sistemas de *mobile learning* se enfrentará a un escenario con requisitos fuertemente cambiantes, tanto a nivel tecnológico como por parte de los profesionales que deberán guiarnos en el diseño del software. Es muy probable en una primera aproximación al dominio del problema no sea posible llevar a cabo una especificación clara puesto que en gran medida se desconocerá el potencial de las tecnologías móviles a emplear.

Para realizar el diseño de los sistemas de *mobile learning* se propone un modelo de desarrollo **evolutivo** con un proceso **exploratorio** basado en el **prototipado**.

-

El prototipo es una herramienta muy útil para hacer participar al usuario en el desarrollo y poder evaluar el producto ya en las primeras fases del diseño. La adopción de este modelo busca poder explorar conjuntamente con los profesionales orientadores los requisitos del software. En particular se propone el desarrollo de prototipos verticales, intentando explorar en mayor medida el ciclo completo de edición por parte del educador y uso por parte del alumno.

Diseño del software

Como cada alumno necesita una atención y adaptación específica debido a sus capacidades y motivaciones, se optó por realizar un diseño de las aplicaciones centrado en el usuario haciendo énfasis en la usabilidad y accesibilidad.

Además se propone un diseño más **centrado en el proceso de interacción y en la usabilidad** que en el control del proceso de desarrollo, apostando por técnicas como el uso de *storyboards*. Se propone llevar a cabo una **aproximación empírica** en la que el diseño se base en la propia experiencia del diseñador y en la de otros diseñadores recogidas mediante compendios de recomendaciones (guías, estándares, etc.) relevantes para la construcción de un software con éxito.

Enfoque metodológico

En tercer lugar, se propone una metodología de desarrollo basada en la filosofía propuesta por las **metodologías ágiles** pero aportando determinados aspectos metodológicos del **MDD** con el fin de complementar el proceso de desarrollo, situándose en lo que algunos autores denominan *Agile Model Driven Development* (AMDD, desarrollo ágil dirigido por modelos) [Ambler, 2003], una alternativa que promueve el uso de herramientas de apoyo simples y diagramas UML orientados a entender y analizar las necesidades de los usuarios, siguiendo un proceso iterativo e incremental (Figura 5-2). Con este enfoque buscamos la obtención rápida de prototipos junto con una mayor flexibilidad que nos permitiera adaptar el diseño a posibles cambios en el sistema o incluso en la tecnología. En el

apartado sobre *Metodologías* del Capítulo 3 ya se describieron con mayor detalle las características de estas alternativas de desarrollo.

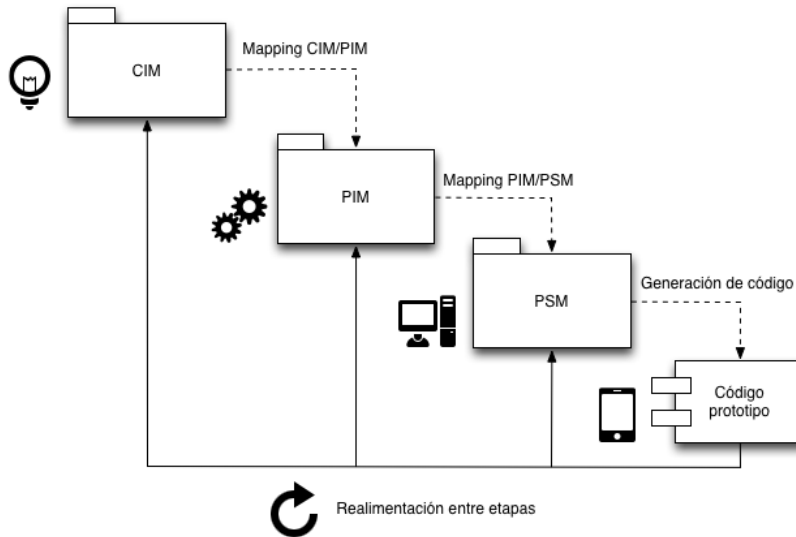


Figura 5-2 Proceso de desarrollo dirigido por modelos.

Distribución de los recursos humanos

A nivel de recursos humanos se plantean tres equipos específicos dentro del proceso de ingeniería:

- 1) Equipo de orientación, de perfil educativo – pedagógico.
- 2) Equipo de ingeniería y producción, formado por profesionales ingenieros y de perfil técnico.
- 3) Equipo de evaluación y pruebas, formado por profesiones de perfil educativo – pedagógico (puede incluir a miembros del equipo de orientación) e ingenieros.

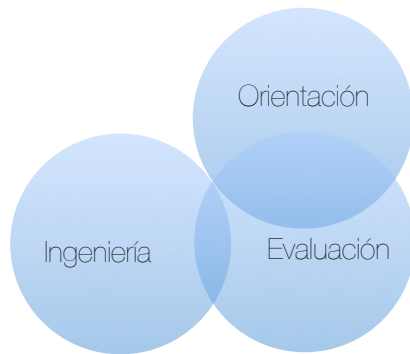


Figura 5-3 Principales equipos de trabajo involucrados en el proceso de ingeniería.

Proceso MDD adaptado

Con la aproximación que a continuación se va a proponer lo que se persigue es emplear las diferentes etapas que forman parte del MDD para llevar a cabo la evolución del diseño del software atendiendo a la caracterización propuesta en el apartado anterior e incorporando en cada etapa los requisitos no funcionales más importantes como directrices del modelado (ver Figura 5-4).

CIM. En la etapa de definición de CIM se establecerá el ámbito educativo para el que se va a desarrollar el sistema de aprendizaje móvil, el proceso de aprendizaje adoptado, se obtendrá un modelo básico de usuario y otro modelo con la caracterización de los tipos de actividades (capacidades a desarrollar, trabajo individual o en grupo, etc.).

En esta etapa se atenderán principalmente los requisitos pedagógicos y de adaptabilidad. Participarían los equipos de orientación e ingeniería.

PIM. Aquí se llevará a cabo un modelo para sistemas móviles pero sin concretar aún la plataforma. El modelo deberá completarse con un modelo de usuario extendido, una ampliación del modelo de actividades concretando su diseño y esquema de representación e interacción en un dispositivo móvil y un proceso de trabajo bien definido que ya incorpore la tecnología al proceso de enseñanza.

En esta etapa, además de los requisitos anteriores se prestará especial atención a los requisitos de accesibilidad y movilidad. Participarían los equipos de orientación e ingeniería.

PSM, prototipado y evaluación. En esta última etapa se completará el modelo desarrollando la arquitectura del sistema, la descripción funcional de componentes y la integración de los mismos.

En esta etapa se incorporarán los requisitos de usabilidad. Participarían los equipos de orientación, ingeniería y pruebas.

Una vez evaluados los prototipos se realimentarían las etapas anteriores en función de las necesidades de cambios detectadas por el equipo de pruebas.

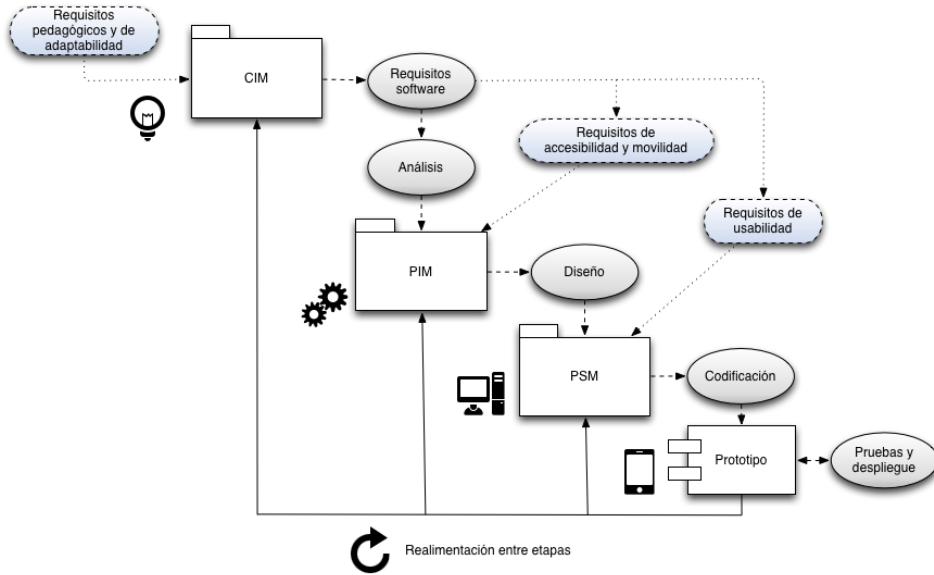


Figura 5-4 Proceso de MDD ampliado.

5.3 Diseño de la aplicación de *mobile learning*

Para entender el proceso seguido para el diseño y desarrollo de la aplicación de *mobile learning* es necesario conocer el contexto del proyecto (recursos técnicos y humanos, tiempo de desarrollo, tipo de sistema, etc.):

- 1) Se comenzó a trabajar en el proyecto en el año 2009, momento en el que las tecnologías móviles estaban en auge pero su desarrollo aún quedaba lejos de las posibilidades existentes ya en 2012 (el SDK para iPhone existía desde hacía pocos meses, el iPad aún tardaría un año en entrar en escena y ese sería el año en que apareciera un curioso juego sobre pájaros llamado *Angry Birds*).
- 2) En el desarrollo de las herramientas se involucró a profesionales de Educación Especial de centros de Granada y Murcia. Estos profesionales debían tener un papel importante en la especificación de requisitos, tanto funcionales como no funcionales, así como participar en la evaluación de los prototipos. Es importante señalar que debido al carácter innovador del trabajo a realizar (la aplicación de tecnologías tan avanzadas como materiales de apoyo al aprendizaje individual o cooperativo en Educación Especial tenía pocos precedentes en 2009) el conjunto de requisitos se presentaba desde un principio muy volátil y se vislumbraba la necesidad de poder adaptar el diseño a los cambios que surgieran tras la evaluación de prototipos.
- 3) Existían unas restricciones de tiempo para la ejecución de las tareas de investigación y trabajo de campo, basadas en el período de duración del proyecto Nacional TIN2008-05995/TSI⁸ que daba soporte al desarrollo del proyecto. Se consideró necesario obtener ya en fases tempranas del proyecto prototipos de evaluación para refinar el diseño de la plataforma y, en cualquier caso, obtener un

⁸ Proyecto TIN2008-05995/TSI: *Sistema de Ayuda a la Comunicación, Aprendizaje y Control de Entorno para Personas con Discapacidad*. Duración: 2009-2011. Investigador Principal: María José Rodríguez Fórtiz. Más Información: asistic.ugr.es

prototipo funcional para el curso 2009/2010 con el fin de poder hacer pruebas reales de uso de la plataforma con alumnos con necesidades especiales de los centros colaboradores. Además se planificó llevar a cabo un estudio controlado con una versión estable de la aplicación durante el curso 2010/2011.

- 4) Se debían explorar las posibilidades tecnológicas a la par que se diseñaba el sistema. Al comienzo del proceso de desarrollo aún no se había elegido una tecnología concreta sobre la que trabajar (el Capítulo 4 expone el análisis realizado sobre las alternativas existentes). Se optó por la tecnología más potente y novedosa, pero a la vez era la más desconocida y estaba en pleno proceso de expansión, lo que nos obligó a llevar a cabo un proceso de aprendizaje y pruebas a la par que se continuaba con el diseño.

A continuación se describirá el proceso de desarrollo llevado a cabo, mostrando los equipos de trabajo y la evolución del software a través de las diferentes etapas que forma parte del MDD: CIM, PIM, PSM e implementación.

5.3.1 Equipos de trabajo

En base a la propuesta descrita anteriormente, se presenta la distribución de los profesionales involucrados en el proceso de ingeniería según equipos de trabajo:

- 1) **Equipo de orientación**, formado por un psicopedagogo y dos maestras de Educación Especial, pertenecientes a tres centros educativos diferentes (uno público y otro concertado).

Cada uno de estos profesionales ejercía un rol diferente en su institución, tenía una metodología de trabajo distinta y trabajaba con alumnos con diferentes perfiles, pero todos coincidían en poseer una amplia experiencia en el trabajo con alumnado con NEE.

De los tres profesionales uno estaba mayormente familiarizado con la tecnología, aunque los tres habían tenido alguna experiencia anterior en el uso de tecnologías asistivas.

- 2) **Equipo de ingeniería y producción**, formado por tres Ingenieros en Informática, uno de ellos con Máster en Desarrollo de Software y las otras dos con un doctorado en Informática y amplia experiencia en el campo de la Ingeniería del Software.

Dos de los ingenieros estaban más familiarizados con el contexto de las NEE y uno de ellos con el ámbito de las tecnologías móviles.

- 3) **Equipo de evaluación y pruebas**, formado por dos de los ingenieros del equipo de ingeniería, los profesionales del equipo de orientación y otros cinco nuevos profesionales del ámbito educativo, cada uno de ellos de un centro diferente.

Para las pruebas de los prototipos más avanzados se contaría con la participación de alumnado de los diferentes centros de procedencia de los profesionales del equipo de evaluación, siempre con la autorización expresa por parte del centro.

5.3.2 CIM: modelo independiente de la computación

El sistema de aprendizaje debe estar orientado a que los educadores creen actividades con diferentes contenidos que sirvan para alcanzar unos objetivos didácticos, los cuales persiguen desarrollar una serie de capacidades en los alumnos que usen tales actividades.

Las actividades que los alumnos deben realizar en la clase pueden ser juegos, en cuyo caso el contenido educativo se encuentra embebido dentro del mismo [McFarlane, 2002]. El objetivo es que los alumnos disfruten jugando sin percibir que al mismo tiempo están aprendiendo conceptos y adquiriendo habilidades socio-afectivas.

Como cada alumno necesita una atención y adaptación específica debido a sus capacidades y motivaciones, el educador es responsable de realizar el diseño y adaptación de las actividades, teniendo en cuenta ese perfil del alumno. Los pasos a seguir son:

- 1) Diseño de la actividad: elección de tipo de actividad y conceptos que van a ser enseñados, determinación de objetivos a alcanzar y evaluación a realizar.

- 2) Determinación del perfil del alumno, observando cómo va a ser su interacción. Cada usuario dispone de un perfil personal donde se incluyen aspectos relativos a la manera más adecuada para que trabajen con las actividades. Aquí se englobarían aspectos tales como preferencias a la hora de interactuar con los elementos, preferencias de presentación de las actividades, qué tipos de actividades son las más idóneas para emplearse con dicho alumno o según qué agenda temporal.
- 3) Realización de una personalización de la actividad. La Tabla 5-1 muestra aspectos configurables de las actividades para que puedan ser adaptados por los educadores para diferentes usuarios, antes de que vayan a ser utilizadas por ellos.

Tabla 5-1 Aspectos personalizables de las actividades.

Aspecto	Valor
Tipo de actividad a realizar	De entre todas las posibles, aquellas que puedan ayudarle a aprender mejor un concepto específico.
Interacción	Dependiendo de las capacidades del usuario.
Ayuda/pistas	Con el objetivo de facilitar el aprendizaje del alumno el educador podrá aportar algún tipo de ayuda o pistas tras un número de fallos del alumno o un tiempo transcurrido.
Objetivos	Fijos o variables durante el transcurso de la actividad y basados en las posibilidades de cada alumno.
Puntuación	Valoración asociada al desempeño de la actividad. Variará en función de los logros y fallos del alumno.
Refuerzo	Para ayudar en el proceso de aprendizaje pueden ofrecerse recompensas o penalizaciones concretas en función de los éxitos o fallos.
Presentación del material	Fondos, colores, tamaños, composición y distribución de la información que ayudan a que pueda percibir, comprender y aceptar la actividad.

Las actividades a realizar deberán estar enfocadas al desarrollo de las siguientes habilidades y capacidades:

- Exploración de conceptos.
- Desarrollo del lenguaje y la comunicación.

- Relación conceptual entre elementos.
- Detección de relaciones causa-efecto.
- Percepción y discriminación tanto visual como auditiva.
- Adquisición de vocabulario y comprensión del significado.
- Mejora de la fonética, sintaxis y pragmática del lenguaje.
- Trabajo de la coordinación óculo-manual.
- Desarrollo de la memoria.

En el caso de las actividades en grupo, además se motiva al alumno a considerar la existencia e intervención de otras personas para jugar y terminar el juego de forma satisfactoria. La actividad puede ser la misma para todos los alumnos pero es posible personalizar el valor de algunos parámetros variando el contenido, la representación o el desarrollo de la actividad (ver Tabla 5-2).

Tabla 5-2 Aspectos personalizables de las actividades en grupo.

Aspecto	Valor
Número de alumnos	Número de estudiantes que participan en la realización de una actividad.
Turno	Orden de participación: fijo o variable.
Objetivos	Objetivos individuales o colectivos. Alcanzar un objetivo modifica el estado de la actividad.
Puntuación total	Puntuación alcanzada por el equipo de trabajo, basada en los logros individuales, la participación en los procesos de grupo y la consecución de objetivos.
Conciencia de grupo	Información contextual para fomentar la interdependencia positiva y ofrecer modelos a imitar: el estado de la actividad que se está llevando a cabo, de otros alumnos, quién tiene el turno, puntuaciones, tiempo, etc.

Tras el trabajo con las actividades, el educador es el responsable de graduar y evaluar el trabajo, los logros y la participación de los alumnos. Esta información es usada para modificar algunos aspectos durante la realización de las actividades, como por ejemplo

turnos, objetivos, puntuación, etc. Estos cambios tratan de reducir problemas en el individuo y en el grupo debido a abandonos, aburrimiento, frustración o nervios de los alumnos. En algunos casos el educador podrá realizar las actividades como si fuera un alumno para guiar en el proceso de aprendizaje, enseñándoles cómo hacer las tareas.

En la Figura 5-5 se recogen todas las fases del proceso de aprendizaje descritas anteriormente.

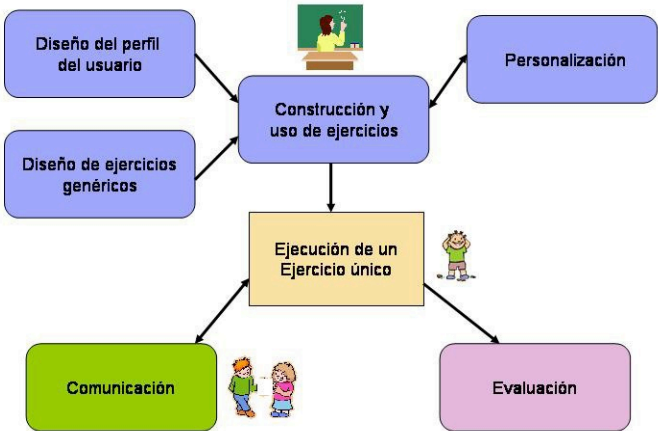


Figura 5-5 Esquema indicando las fases del sistema de aprendizaje.

Modelo CIM

A partir de la información obtenida se puede el modelo CIM o modelo inicial del sistema (ver Figura 5-6).

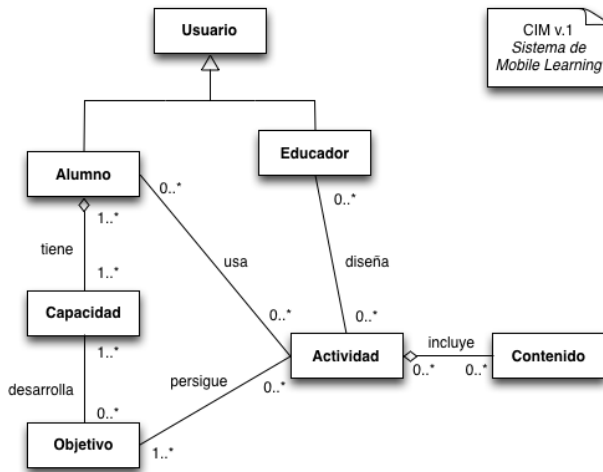


Figura 5-6 Modelo independiente de la computación (CIM).

5.3.3 PIM: modelo independiente de la plataforma

Partiendo del modelo CIM debíamos obtener un modelo de sistema software que recogiera los siguientes aspectos:

- 1) Adaptación. El modelo de usuario se completará con aspectos específicos sobre las preferencias de presentación e interacción de las actividades para cada usuario, atendiendo en este caso a aspectos computacionales (interfaz de usuario, tipo de interacción, etc.).
- 2) Herramienta de autor. Capacidades de edición de los contenidos por parte de los educadores.
- 3) Presentación y contenidos de las actividades. Con el fin de personalizar las mismas para ajustarlas a las necesidades de los alumnos será necesario definir la naturaleza de las actividades así como desglosar qué tipo de elementos son configurables en la actividad (imágenes, texto, propiedades, etc.).

Los siguientes sub-apartados describirán detalladamente el análisis realizado para alcanzar el modelo PIM.

Diseño adaptado al usuario

Las aplicaciones deben ser adaptables para dar respuesta a la gran diversidad funcional de los alumnos con NEE. A continuación (Tabla 5-3) enumeramos las técnicas de accesibilidad que deben incluir los sistemas para ser accesibles a personas con necesidades especiales [Fernández, 2009d].

Tabla 5-3 Adaptaciones al perfil de usuario y accesibilidad.

Limitación	Adaptaciones necesarias
Visual	Adaptación de colores, contraste y magnificación, sin usar el color como código.
	Conversión de información gráfica a textual y uso de síntesis de voz.
	Componentes de la interfaz accesibles mediante ratón o teclado.
Auditivo	Sonidos de alerta codificados como gráficos o texto.
	Vocabulario adaptado.
	Uso de subtítulos y lengua de signos.
Movilidad	Dispositivos de entrada y salida al ordenador adaptados: teclados, pulsadores, uso de voz o reconocimiento de movimientos.
	Ofrecer selección de componentes alternativa: teclas rápidas.
Cognitivo	Sencillez de la interfaz.
	Eliminación de elementos distractores.
	Uso de gráficos de forma prioritaria.

Diseño de la aplicación

El objetivo es integrar en un único sistema las funcionalidades que permitan tanto a alumnos como a educadores, interactuar con diferentes elementos en base a los diferentes papeles que adoptarán en el proceso educativo [Fernández, 2009e]. De este modo, el sistema debe contemplar la existencia de dos roles (Figura 5-7):

- Los **educadores**, que podrán diseñar ejercicios personalizados para alumnos con necesidades especiales.
- Los **alumnos**, que podrán hacer uso de los ejercicios, de forma individual o cooperativa, con el fin de incrementar su socialización y mejorar el proceso de aprendizaje.

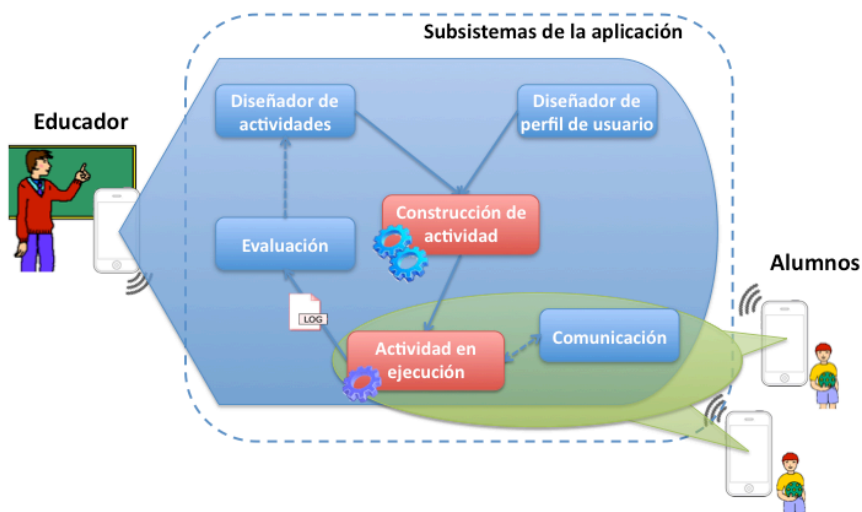


Figura 5-7 Componentes del sistema.

La visión del sistema dependerá del rol del usuario, pudiendo acceder éste a diferentes componentes o subsistemas de la aplicación (Figura 5-7).

Así, los usuarios con rol *Alumno* tendrán acceso al componente de actividad en ejecución y, en el caso de que dicha actividad sea en grupo, el componente de comunicación se encargará de transferir toda la información de comunicación y coordinación entre los dispositivos.

Por su parte, los usuarios con rol *Educador* tendrán acceso a los siguientes módulos:

- 1) El diseño de los perfiles de usuario de los alumnos.

- 2) La gestión y personalización de actividades a través del diseñador.
- 3) En base a estos datos podrá iniciar una actividad para que sea trabajada por uno o más alumnos.
- 4) Podrá evaluar el desarrollo de la actividad y decidir si es necesario introducir cambios en ésta.

A continuación se describirá con más detalle el diseño del perfil de usuario y de las actividades.

Definición del perfil de usuario

El perfil de usuario incluye información acerca de éste: nombre, apellidos, imagen (fotografía o dibujo), etc. Además, incorpora una serie de parámetros configurables dependiendo de sus características personales:

- Tipo de interacción: Ya sea táctil, con pulsador o por voz. Dentro de la interacción táctil se pueden definir ciertas alternativas en función de la destreza del alumno, que puede variar dependiendo de la diversidad funcional cognitiva o de movilidad. Estas variantes son la simple pulsación, la capacidad de mover objetos gráficos en sucesivas pulsaciones o la capacidad de arrastrar objetos en la pantalla en una sola interacción.
- Modo de información preferida: Este parámetro hace referencia a la forma en que se muestran los objetos multimedia de las actividades, pudiendo incluir solo imágenes, solo texto o ambas cosas. De esta forma es posible adaptar las actividades a la diversidad funcional visual o cognitiva del alumnado.
- Nivel de dificultad: Tomando como base el nivel cognitivo del alumno o sus conocimientos se puede establecer el nivel de dificultad de las actividades que mejor se adapte a sus capacidades. Un nivel de dificultad bajo debe implicar que se proporcionen ayudas a los usuarios durante la realización de las actividades.

- Tipo de *awareness* (conciencia de grupo): La información contextual mostrada acerca del estado de los compañeros en el caso de la actividad cooperativas también podrá variar en función del alumno.
- Calendario de actividades: Planificación temporal de actividades de la semana. Las actividades pueden ser diseñadas para trabajar tareas dependientes de un contexto temporal determinado. Habitualmente habrá actividades relacionadas a tareas que se realicen solo en determinados días, por lo que será necesario establecer un calendario indicando que están disponibles para cada día y para cada alumno.

Las características configurables del perfil pueden cambiarse siempre que se desee, adaptándose el sistema a los usuarios.

Diseño y tipología de las actividades

A partir de las actividades genéricas, es posible construir ejercicios específicos adaptando los recursos multimedia, el tipo de interacción y la información contextual a las características del perfil de usuario. El educador es responsable de realizar el diseño y adaptación de las actividades didácticas, teniendo en cuenta ese perfil.

En cuanto al tipo de actividades disponibles, teniendo en cuenta las opiniones de los profesionales consultados se optó por un conjunto de tipos de actividades con las que se pretendía cubrir las principales tareas de aprendizaje [Ferreiro, 2006] (ver Tabla 5-4). Tales tipos son [Fernández, 2009b]:

- 1) **Asociación.** Se presentan dos conjuntos de elementos de forma que el alumno debe indicar la relación entre los mismos.
- 2) **Puzzle.** Se presenta una imagen descompuesta en piezas de un puzzle que el alumno debe ordenar.

- 3) **Exploración.** Esta actividad está destinada a que el alumno aprenda conceptos a través de la exploración de un sistema hipermedia.
- 4) **Ordenación.** Formada por una lista de elementos que tienen que ser ordenados secuencialmente.
- 5) **Memoria.** Juegos tipo Memory-match donde los alumnos tienen que relacionar parejas de elementos recordando en qué posición se encuentra cada uno.

Tabla 5-4 Tipos de actividades y tareas.

Actividad	Tarea de aprendizaje
Asociación	Exploración Relacional
Puzzle	Relacional Causa y efecto Interpretación
Exploración	Exploración Examinar suposiciones, conclusiones e interpretaciones Acción Prioridad Extensión
Ordenación	Relacional Acción Prioridad
Memoria	Exploración Relacional Causa y efecto Desarrollo de la memoria

Además, dado que la plataforma permite el uso de algunas de estas actividades de forma colaborativa, a los beneficios mencionados se añaden los derivados del trabajo en grupo ya mencionados en el Capítulo 1.

Para las actividades anteriormente descritas se establecerán una serie de propiedades y como un conjunto de contenidos multimedia (sonido, imagen, texto, etc.), que podrán ser configurados por el educador.

Modelo PIM

Todas las ampliaciones anteriores quedan recogidas en el modelo PIM (ver Figura 5-8).

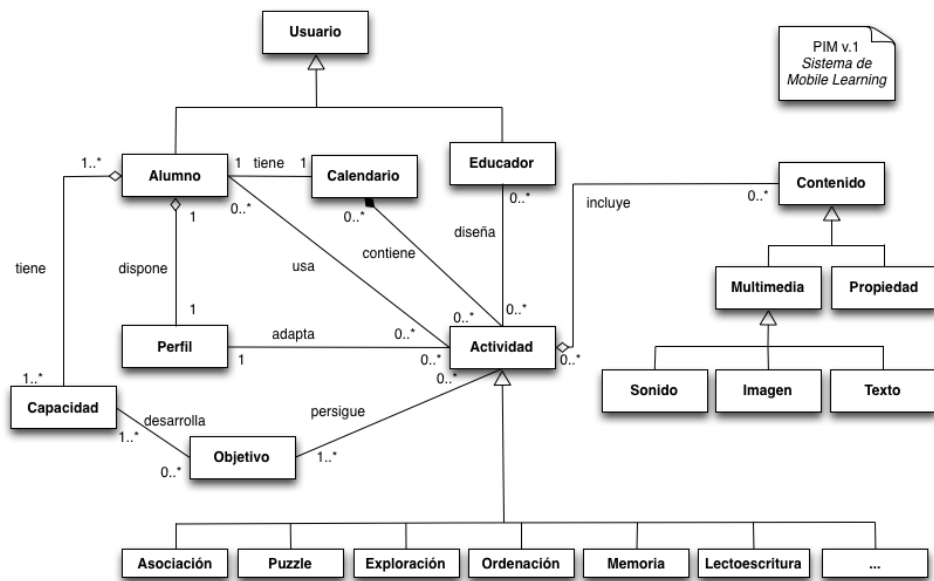


Figura 5-8 Modelo independiente de la plataforma (PIM).

5.3.4 PSM: modelo específico de la plataforma

Plataforma iOS

A nivel de PSM circunscribiremos el diseño al ámbito de las plataformas móviles, concretamente a la plataforma iOS de Apple (iPhone, iPad y iPod touch). Los beneficios de incluir la movilidad como un requisito en el diseño ya han sido comentados a lo largo de

esta tesis, principalmente en el Capítulo 2 cuando se evaluaron las alternativas existentes en Educación Especial.

En este apartado vamos a remarcar su justificación:

- 1) En primer lugar, abre un abanico de posibilidades de movimiento dentro del centro, permitiendo a los educadores llevar el proceso de aprendizaje al lugar donde más les convenga (ver Figura 5-9).

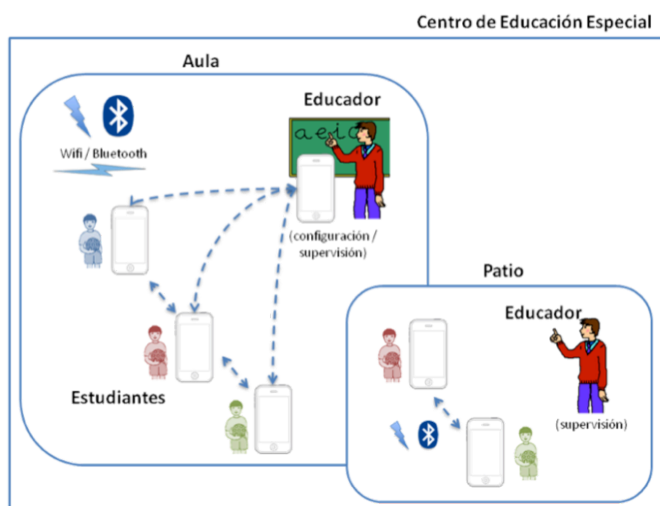


Figura 5-9 Esquema de uso del sistema en un centro.

- 2) En segundo lugar, permite a los familiares del alumno que así lo deseen llevar consigo el sistema de aprendizaje en vacaciones o períodos largos en los que éste no esté escolarizado. Uno de los temas más comentados en el ámbito de la Educación Especial es que muchas veces los alumnos retroceden en su proceso de aprendizaje durante los períodos que no están en el centro al no poder realizar tareas de mantenimiento y refuerzo de los conocimientos adquiridos. Estos mismos profesionales opinan que sería muy beneficioso otorgar a los padres la posibilidad de llevar a cabo esas actividades en casa, ya que a la mayoría no les falta motivación ni predisposición, sino más bien medios.

- 3) También, tal y como se ha comentado anteriormente, los dispositivos pequeños y portátiles tienden a ser más atractivos de cara a los alumnos, que los ven o bien como una herramienta o material escolar más cercana y personal, o incluso como un juguete. No cabe duda de que facilitar la aceptación por parte de los alumnos es una prioridad, más aún si cabe cuando se trata de alumnos con NEE.
- 4) Por último, otros beneficios de la movilidad son las posibilidades de adaptación de cara a usuarios con dificultades en la movilidad.

Arquitectura multicapa

El PSM va a estar compuesto por tres capas (ver Figura 5-10):

- 1) Un modelo relacional para la persistencia de los datos de la aplicación.
- 2) Un modelo para la parte del sistema encargada de la ejecución de las actividades y su interacción por parte del usuario (*visor de actividades*).
- 3) Un modelo para la parte encargada de la edición de las actividades y del perfil de usuario (*herramienta de autor*).

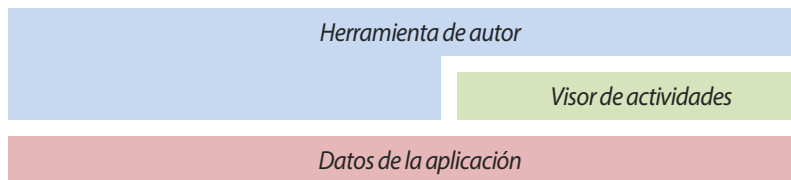


Figura 5-10 Capas del sistema.

Si tomamos como referencia el modelo PIM obtenido en la fase anterior, podemos modelar estas capas tal y como muestra el siguiente diagrama de paquetes (Figura 5-11):

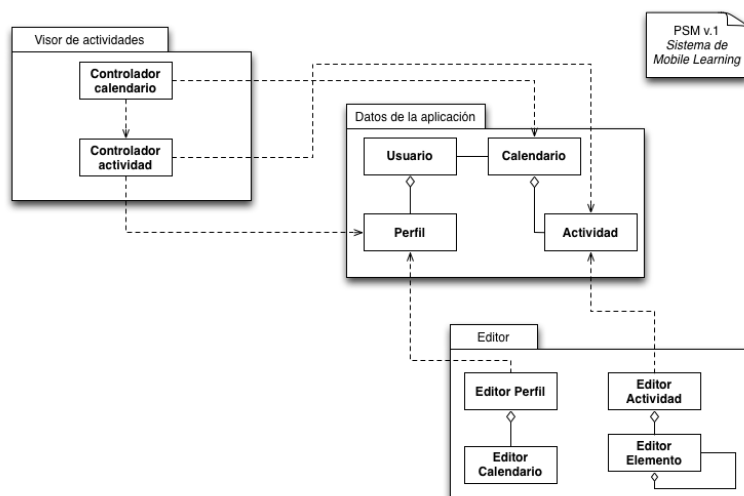


Figura 5-11 Diagrama de paquetes para el PSM.

- El paquete *Datos de la aplicación* contendría la funcionalidad encargada de almacenar los datos de los usuarios, junto con su perfil y su calendario, así como la especificación de las actividades creadas.
- El paquete *Visor de actividades* incluiría la funcionalidad para la ejecución de las actividades creadas adaptándolas al perfil de un usuario concreto.
- El paquete *Editor* contendría la funcionalidad relativa a la edición de las actividades, los perfiles de cada usuario y su calendario correspondiente.

Modelo de datos

Para el almacenamiento de los datos se optó por combinar dos técnicas:

- Por una parte una base de datos relacional para los datos principales de la aplicación. Se eligió el sistema gestor de base de datos orientada a objetos (ODBMS, *object database management system*) CoreData por su gran integración con el entorno de desarrollo para iOS (ver Figura 5-12). CoreData emplea bases de datos SQLite y permite que los elementos almacenados de la base de datos se conviertan a objetos del lenguaje de programación Objective-C.

- Como complemento al diseño del modelo de datos principal, para determinados parámetros de configuración se optó por su almacenamiento usando lenguajes de marcado tipo XML.

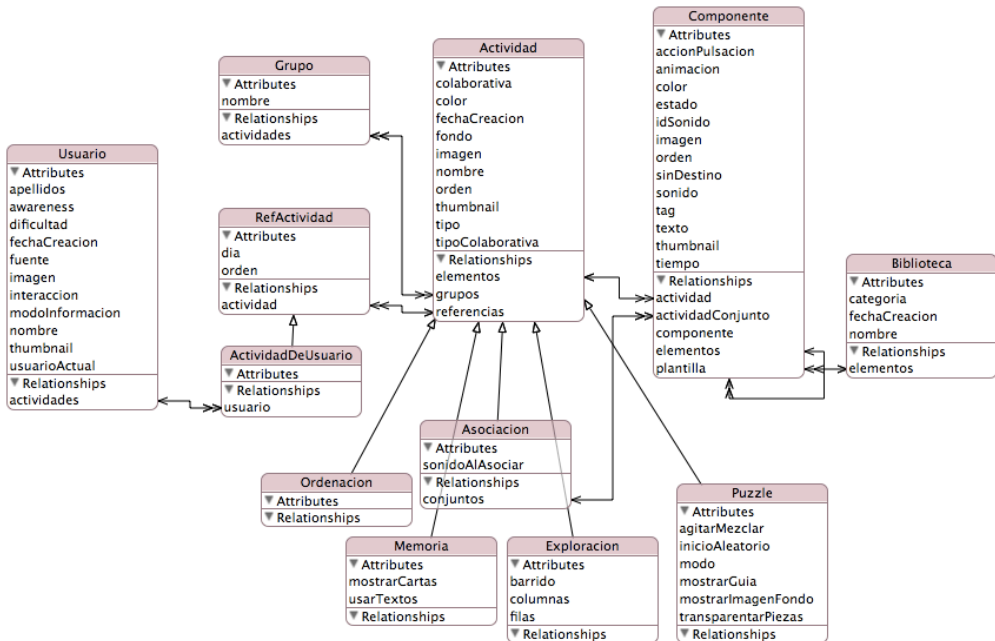


Figura 5-12 Modelo de datos usando la tecnología CoreData.

5.3.5 Implementación

Integración de componentes

Como acabamos de ver, a nivel de PSM se establecieron 3 paquetes funcionales separando el modelado de los datos de la aplicación, el visor y el editor de actividades. A la hora de codificar dicho esquema para una plataforma específica, se vio claro que el visor de actividades junto con los datos de la aplicación debían ir en la aplicación móvil para iOS.

No obstante, aún era necesario decidir la plataforma de destino para el *Editor de actividades*, ya que existían diferentes alternativas (ver Figura 5-13):

- 1) Implementar la herramienta de autor en una plataforma de escritorio (PC o Mac).
- 2) Crearlo como aplicación web.
- 3) Codificarlo para iOS.
 - a. Como una aplicación separada.
 - b. Integrándolo en la misma aplicación.

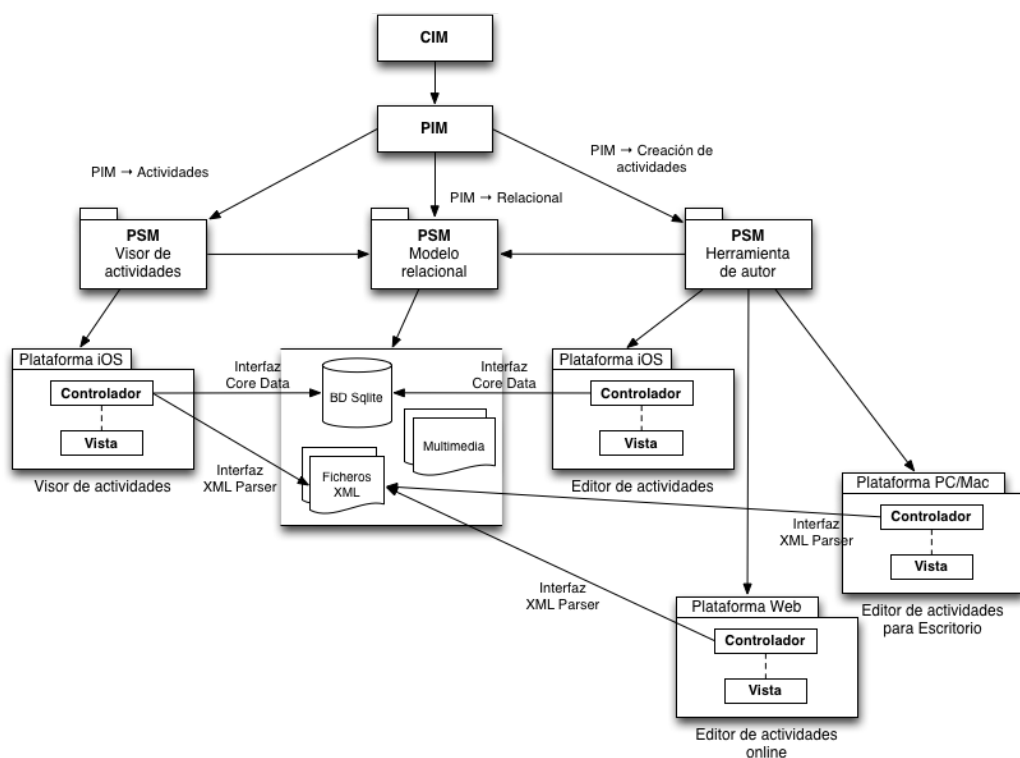


Figura 5-13 Descomposición de las fases PSM y codificación.

Finalmente, tras analizar estas alternativas se decidió que lo mejor era apostar por un sistema totalmente móvil donde la herramienta de autor se ejecutara en el mismo dispositivo donde se iban a usar las actividades. Así, se optó por encapsular todas las

funciones descritas en el PSM en una única aplicación para iOS con 2 modalidades de uso: alumno y tutor.

Esta decisión dotaba de mayor sencillez al sistema de cara al usuario, al ahorrar innecesarios cambios de aplicación para llevar a cabo la edición de las actividades y evitar procesos de transferencia de contenidos entre aplicaciones.

En este sentido es importante destacar la inmediatez para la creación de nuevas actividades o realización de cambios sobre las existentes, ya que se harían en el propio dispositivo que el alumno va a usar y en el momento en que se necesiten, en muchos casos debido a requisitos del contexto de uso.

Patrones de diseño empleados

En la fase de codificación del proyecto se hizo uso de diferentes patrones de diseño. Un patrón de diseño es una herramienta de abstracción utilizado en el desarrollo de software orientada a objetos, así como otros campos. Se trata de una plantilla para un diseño que resuelve un problema general, que se repite en un contexto particular.

Al adaptar y utilizar patrones en el diseño del programa, ese programa - y los objetos y las clases que la componen - será más reutilizable, extensible y más fácil de cambiar cuando las necesidades futuras lo exigen. Además, las aplicaciones que se basan en patrones de diseño son en general más elegantes y eficientes que las aplicaciones que no los emplean, porque requieren menos líneas de código para lograr el mismo objetivo.

En el ámbito del desarrollo de aplicaciones móviles para la plataforma iOS se suelen emplear una serie de patrones de diseño, a continuación se describen los más importantes.

Model-View-Controller

El patrón de diseño *Model-View-Controller* (Modelo-Vista-Controlador, MVC) asigna a los objetos en una aplicación uno de los siguientes tres papeles: el modelo, la vista o del

controlador [Krausner, 1988]. El patrón no sólo define los papeles que los objetos juegan en la aplicación, además define la forma en los objetos se comunican entre sí. Cada uno de los tres tipos de objetos se separa de los otros por límites abstractos y se comunica con los objetos de los otros tipos a través de esos límites (ver Figura 5-14). La colección de objetos de un cierto tipo en una aplicación se refiere a veces como una capa, por ejemplo, una capa del modelo.

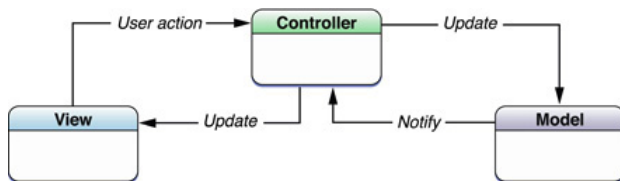


Figura 5-14 Patrón de diseño Modelo-Vista-Controlador.

Los beneficios de adoptar este patrón son numerosos, los objetos de las aplicaciones tienden a ser más reutilizables y las interfaces suelen estar mejor definidas. Además, muchas de las tecnologías y arquitecturas de Cocoa Touch (la capa de más alto nivel del sistema operativo iOS) requieren que los objetos que se desarrollen en la aplicación jueguen uno de los roles del MVC.

En el caso del sistema de aprendizaje a desarrollar, la adopción del patrón MVC permitiría compartir modelo y controlador tanto en versiones del software para iPhone como para iPad, variando únicamente la vista que se muestra en cada dispositivo.

Target-action

En este patrón, básico en los sistemas interactivos, cuando el usuario interactúa con un determinado objeto (botón, menú, etc.), éste (el objetivo o target) ejecuta una determinada acción (action) que habitualmente estará gestionada por un controlador (ver Figura 5-15).

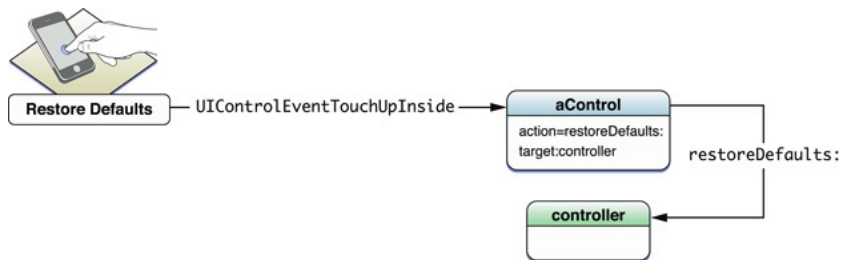


Figura 5-15 Patrón de diseño *target-action*.

Protocolos

Un protocolo es una declaración de una interfaz de programación cuyos métodos pueden ser implementados por cualquier clase (ver Figura 5-16).

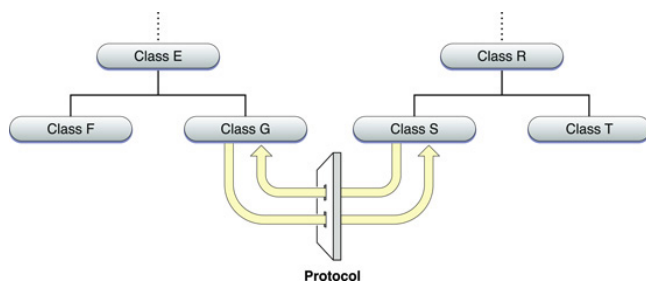


Figura 5-16 Patrón de diseño *protocol*.

Delegación

En la delegación, un objeto – denominado delegado (*delegate*) – actúa en nombre de otro objeto y a petición de éste. En este patrón, un objeto en algún punto de su ejecución envía un mensaje al delegado indicándole que algún evento va a pasar y requiriendo algún tipo de respuesta. El delegado implementa el método invocado por el mensaje y devuelve un valor adecuado (ver Figura 5-17).

La delegación es por lo tanto un medio para inyectar el comportamiento específico de la aplicación en el funcionamiento de una clase de Framework sin tener que crear una subclase de esa clase.

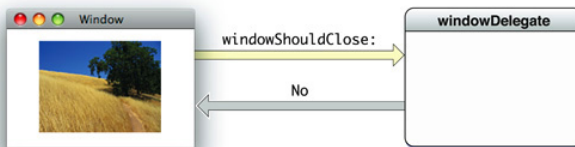


Figura 5-17 Patrón de diseño delegate.

Key-value coding y Key-value observing

Key-value coding es un mecanismo para acceder a las propiedades de un objeto indirectamente usando cadenas de texto para identificar las propiedades de dicho objeto, en lugar de a través de la invocación de un método de acceso o acceder a ellos directamente a través de variables de instancia [Knaster, 2012].

Key-value observing es un mecanismo que permite que determinados objetos sean notificados cuando tengan lugar cambios en propiedades específicas de otros objetos (ver Figura 5-18).

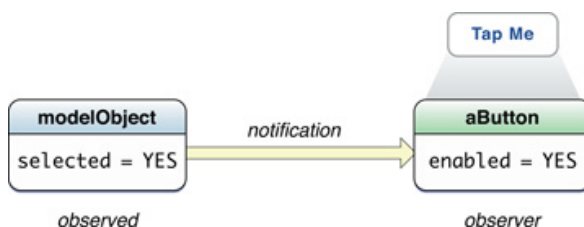


Figura 5-18 Key-value observing.

El uso de estas técnicas permite diseñar una interfaz de usuario más flexible, la cual varíe dinámicamente en función de los datos de objetos del modelo. A modo de ejemplo, si queremos presentar una vista detallando una actividad, el controlador podrá crear la

-

interfaz en tiempo real atendiendo a las propiedades particulares de tal actividad y presentando los controles adecuados en función del tipo y valor de los datos de dichas propiedades.

5.4 Conclusiones

Al comienzo de este capítulo se ha realizado una propuesta sobre cómo deberían diseñarse y desarrollarse los sistemas de *mobile learning* para afrontar con éxito su despliegue en entornos de aprendizaje con alumnos con NEE.

Dicha propuesta se ha aplicado en un proceso de desarrollo real de una aplicación de *mobile learning* que cubriera los objetivos planteados en esta memoria. El proceso de ingeniería del software ligado a ese desarrollo ha sido descrito siguiendo una metodología basada en *AMDD*.

En primer lugar se ha definido un modelo CIM a partir de los requisitos funcionales y no funcionales planteados por los profesionales de educación especial. En segundo lugar se ha obtenido el modelo PIM, incorporando detalles estructurales y funcionales de la aplicación y posteriormente se ha modelado el PSM específico para la plataforma móvil seleccionada. Para las transformaciones del PSM a la codificación se han propuesto el uso de patrones de diseño concretos.

Este proceso ha estado dirigido por diferentes requisitos no funcionales (movilidad, accesibilidad, adaptabilidad, etc.) pudiendo realizarse una trazabilidad de los mismos a través de todo el proceso de ingeniería y dejando constancia de la relevancia que se pretende otorgar en la propuesta a este tipo de requerimientos.

Por último, como se ha señalado los profesionales del ámbito educativo han estado presentes en todas las fases del proceso de ingeniería del software ya que su participación

activa en dicho proceso es uno de los ejes fundamentales de la propuesta de este trabajo de investigación. Se considera que solo desde ese acercamiento asesorado al dominio del problema se podrá afrontar el diseño de una propuesta de sistema de apoyo al aprendizaje de calidad.

Referencias del capítulo

- [Ambler, 2003] Ambler, S. W. Agile model driven development is good enough. En: IEEE Software, vol. 20, no 5: (Sep.- Oct., 2003), p. 71-73.
- [Bonjour] Tecnología de comunicación Bonjour de Apple:
<http://www.apple.com/bonjour>
- [ISEA, 2009] ISEA, Análisis prospectivo de las potencialidades asociadas al Mobile Learning, 2009.
- [Knaster, 2012] Knaster, S., Malik, W., Dalrymple, M. Key-value coding. Learn Objective-C on the Mac. 2012, 303-317, DOI: 10.1007/978-1-4302-4189-8_18
- [Krausner, 1988] Krausner, Glenn E.; Stephen T. Pope (1988). A Description of the Model-View-Controller User Interface Paradigm in the Smalltalk-80 System (Report). ParcPlace Systems, Inc
- [MacFarlane, 2002] McFarlane, A., Sparrowhawk, A, Heald, Y. Report on the educational use of games: An exploration by TEEM of the contribution which games can make to the education process. 2002.
http://www.teem.org.uk/publications/teem_gamesined_full.pdf
- [Naismith, 2005] Naismith, L., Lonsdale, P., Vavoula, G., Sharples, M (2005). *Literature Review in Mobile and Learning*. A report for Nesta Futurelab.

Plataforma Picaa

6.1 Introducción

Tal y como se ha analizado en el capítulo anterior, a través de un proceso MDD adaptado se ha creado una plataforma de generación y ejecución de actividades educativas que sirvan como apoyo para el aprendizaje, a la que hemos denominado *Picaa*⁹ (Plataforma Interactiva y Cooperativa de Apoyo al Aprendizaje).

Tanto el nombre como el logotipo incluyen múltiples guiños a la filosofía de la plataforma, sus antecedentes y su espíritu educativo, lúdico y cooperativo: la primera parte del acrónimo, 'pic' hace referencia a pictograma (o *picture*), denotando el marcado carácter visual de la herramienta; mientras que la segunda parte 'caa' indica sus capacidades como herramienta de Comunicación Aumentativa y Alternativa. La doble 'a' de las siglas simboliza el hecho de que los alumnos no están aislados y pueden trabajar en grupo. El logotipo (ver Figura 6-1), una golosina (tipo pica-pica), nos recuerda que el fin de la plataforma es mejorar el día a día de los alumnos en una escuela, y además aparece por duplicado, en un nuevo guiño a la necesidad de fomentar la socialización y la unión, eliminando barreras.



Figura 6-1 Logotipo de la plataforma *Picaa*.

⁹ Portal web del app Picaa: www.picaa.es

La incorporación del término *plataforma* en el nombre hace referencia al carácter multidispositivo del sistema y al objetivo de proporcionar a los educadores de mecanismos e infraestructuras para poder compartir los recursos creados fomentando así el desarrollo de una comunidad activa de trabajo.

Durante este capítulo se describirá la funcionalidad de Picaa y los tipos de actividades que se pueden crear. En un segundo apartado se mostrarán las posibilidades de uso colaborativo que ofrece, así como los mecanismos desarrollados para fomentar la socialización de los usuarios. Finalmente se mostrará la evolución de la herramienta desde que comenzara a distribuirse de forma abierta hasta el momento actual.

6.2 Descripción de la plataforma

Picaa se ha diseñado con el objetivo de cubrir las características propuestas anteriormente. La plataforma ha sido desarrollada en colaboración con profesionales de varios centros que nos han indicado cuáles deben ser los requisitos a nivel funcional y no funcional (usabilidad, accesibilidad, portabilidad, ubicuidad, etc.). Este sistema ofrece varias aportaciones a la hora de crear y usar ejercicios o actividades didácticas:

- Incorpora el contenido educativo embebido en ejercicios con apariencia lúdica, de forma que los alumnos disfrutan jugando sin percibir que al mismo tiempo están aprendiendo conceptos y adquiriendo habilidades motoras, cognitivas y socioafectivas.
- Proporciona mecanismos de adaptación a usuarios con necesidades especiales, al estar sus contenidos y presentación no sólo enfocados a educación infantil o primaria.
- Ofrece soporte al trabajo colaborativo, mejorando la socialización del individuo. El profesional podrá establecer grupos de trabajo, estableciendo turnos, eligiendo los objetivos a cumplir por cada usuario en el grupo, puntuaciones, etc.

Las dispositivos elegidos para el uso de la plataforma han sido iPhone, iPad y iPod touch de Apple ya que son portables y estimulantes para el alumno y además ofrecen las siguientes características ventajosas: capacidades multimedia, soporte a la accesibilidad, facilidad de interacción (pantalla multitáctil, acelerómetro), conectividad inalámbrica y facilidad de desarrollo. El iPod touch tiene precio más reducido, mientras que el iPad tiene una pantalla mayor (9.7 pulgadas) aumentando las posibilidades de interacción.



Figura 6-2 Actividades en *Picaa* sobre dispositivos iPod touch y sobre iPad.

Sin duda la decisión de diseño más importante fue apostar por una plataforma totalmente móvil, integrando en el mismo dispositivo la funcionalidad necesaria para que los tutores de los alumnos puedan, de forma inmediata, configurar el sistema y adaptarlo al contexto educativo y personal. Así, podemos hablar de *Picaa* como un sistema *Mobile learning* donde la portabilidad va a permitir: 1) llevar la herramienta de aprendizaje a cualquier contexto (el patio, el comedor o incluso la vivienda del alumno en fines de semana o vacaciones) proporcionando así una mayor cobertura y autonomía en el aprendizaje e involucrando a todos los interlocutores del proceso educativo; y 2) facilita la interacción entre los usuarios gracias a la movilidad y a la conectividad de los dispositivos. Como más adelante se detallará en el apartado sobre la experiencia de uso, esta característica está resultando la más innovadora e interesante para los profesionales que están empleando el sistema *Picaa*.

6.2.1 Tipos de actividades

Actualmente, cuenta con un conjunto de 5 tipos de actividades con los que se pretende cubrir algunas de las principales tareas de aprendizaje [Ferreiro, 2006]. Estos tipos son:

- 1) Exploración de un sistema hipertexto (Figura 6-3, izquierda). Permite crear comunicadores simples, agendas o secuencias de historias. Presentan imágenes, sonidos y animaciones, posibilitando la construcción de frases complejas.
- 2) Puzzles. Incluyendo diferentes patrones de piezas. Ayudan a ver la totalidad o el detalle de una imagen que represente el concepto que se esté aprendiendo. Puede ser en sí misma un refuerzo para el aprendizaje (Figura 6-3, derecha).
- 3) Asociación de elementos a conjuntos (Figura 6-4, izquierda). Sirve de base para poder realizar ejercicios de memoria, lotos, cálculo y discriminación.
- 4) Memoria. El alumno debe recordar la posición de cada elemento. También puede ayudar a asociar una imagen con su palabra escrita correspondiente (Fig. 6-3, centro).
- 5) Ordenación de elementos. Para que el alumno clasifique o secuencie elementos. Por ejemplo: números, pasos de una actividad o palabras de una frase (Fig. 6-3, derecha).



Figura 6-3 Ejemplos de actividades de tipo exploración (izquierda) y puzzle (derecha).



Figura 6-4 Ejemplos de actividades de tipo ordenación (izquierda), memoria (centro) y ordenación (derecha).

6.2.2 Diseño y adaptación de las actividades

Tal y como se había diseñado, además de la funcionalidad básica de uso de actividades por parte de los alumnos, *Picaa* incorpora un modo editor (ver Figura 6-5).



Figura 6-5 Modalidades *alumno* y *editor* de la aplicación *Picaa*.

Este modo proporciona a los educadores las herramientas necesarias para configurar los perfiles de usuario y diseñar ejercicios personalizados.

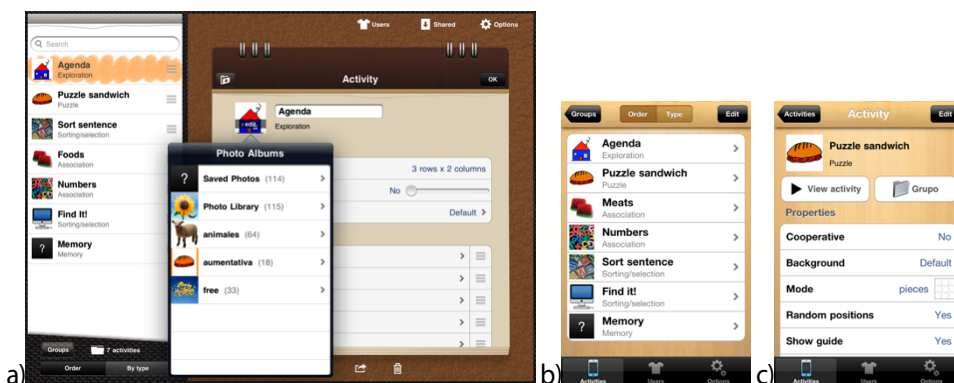


Figura 6-6 Colecciones de actividades en iPad (a) y iPhone (b) y detalle de la especificación de una actividad (a y c).

Picaa permite crear tantas actividades como se deseen de cada uno de los 5 tipos mencionados anteriormente. La gestión y personalización de actividades (Figura 6-6), se lleva a cabo mediante plantillas de propiedades. Las modificaciones resultan rápidas de realizar facilitando la tarea de personalización y de adaptación del sistema al contexto educativo. Así, una vez creada una actividad, su edición es tan sencilla como configurar nombre, imagen u otros parámetros y/o añadir subelementos (Figura 6-7).



Figura 6-7 Edición de una actividad de tipo *Exploración* (izquierda y centro) y vista de edición del subelemento “desayuno” (derecha).

La configuración de los perfiles de usuario (Figura 6-7, izquierda) sirve para asociar información a los alumnos (nombre, fotografía, etc.) así como una serie de propiedades adaptables: tipo de interacción, modo de información preferida, nivel de dificultad o configuración de la conciencia de grupo en el caso de actividades colaborativas. También se debe asignar su calendario de actividades para el cada día de la semana (Figura 6-7, derecha).



Figura 6-8 Pantalla de configuración del perfil de usuario y calendario de actividades.

La adecuada configuración de los perfiles de usuario junto con las posibilidades de personalización de las actividades posibilitan la creación de actividades adaptadas (ver Figura 6-9).



Figura 6-9 Ejemplos de adaptación de una actividad de tipo exploración para dos alumnos diferentes.

6.2.3 Uso personalizado

Una vez que el educador ya ha diseñado las actividades, definidos el perfil de un usuario y confeccionado su calendario para cada día de la semana, puede cambiar a la modalidad *Alumno* y seleccionar el usuario concreto para que éste pueda trabajar con sus actividades (ver Figura 6-10).

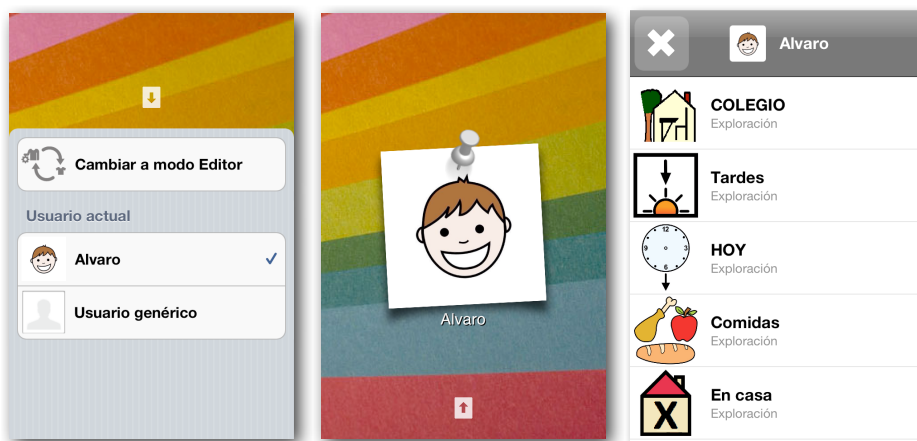


Figura 6-10 Modo alumno: selección de usuarios y lista de actividades.

6.2.4 Otras funciones

Además de las funcionalidades para crear y configurar las actividades, *Picaa* incorpora otras funciones que le dan un valor añadido, siendo las más destacadas el catálogo de signos animados, el sistema de generación automática de sonidos a partir de texto o TTS (text-to-speech), la biblioteca de elementos y la función para encapsular actividades y compartirlas con otros educadores.

Catálogo de signos animados

Como parte del proyecto nacional TIN2008-05995/TSI¹⁰ donde se englobaba este trabajo de investigación y en colaboración con la asociación DiverTIC se creó un catálogo de 4.000 personajes animados realizando gestos [SignosAnimados] con los signos del Sistema de Comunicación Total-Habla Signada de Benson Schaeffer [Schaeffer, 2005]. Se trata de archivos en formato GIF (tamaño de 550 x 400 píxeles).

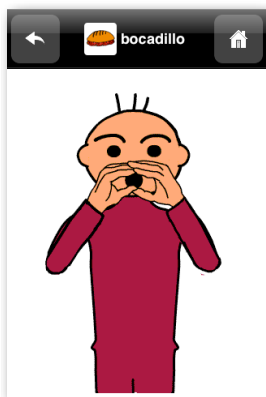


Figura 6-11 Signo animado según el sistema de Comunicación Total – Habla Signada de Benson Schaeffer asociado al concepto “bocadillo”.

¹⁰ Proyecto TIN2008-05995/TSI: *Sistema de Ayuda a la Comunicación, Aprendizaje y Control de Entorno para Personas con Discapacidad*. Duración: 2009-2011. Investigador Principal: María José Rodríguez Fórtiz. Más Información: asistic.ugr.es

Sonidos y TTS

Además de la opción por defecto de asignar sonidos transferidos a la aplicación en formato wav, mp3 o caf, Picaa incorpora un sistema que permite a los educadores generar sonidos para los elementos de las actividades a partir de cadenas de texto. Éstas pueden ser el texto asociado a cada elemento o bien una cadena personalizada.

El sistema requiere de conexión a Internet a través de Wi-Fi o 3G y está disponible en 2 idiomas, castellano e inglés, cada uno de ellos con 2 voces, masculina y femenina.

Por último, la aplicación también incluye las opciones de grabar el sonido directamente con el micrófono del dispositivo o tomarlo de la biblioteca musical del mismo (Figura 6-12).



Figura 6-12 Opciones de asignación de sonidos a elementos (izquierda) y carpeta de Picaa en la opción *iTunes File Sharing*.

Biblioteca de elementos

Picaa incluye una opción para que el educador pueda almacenar en un repositorio centralizado elementos (con su multimedia y propiedades asociados) o secuencias de éstos, con intención de poder reutilizarlos en otras actividades.

Exportar y compartir actividades

Una de las características extra más interesantes para los educadores es la posibilidad de encapsular una actividad en un fichero con extensión .pica, incluyendo su definición, propiedades y una copia del multimedia asociado.

Esta funcionalidad permite a los profesionales hacer copias de seguridad de las actividades o compartirlas con otros compañeros, bien por email desde el propio dispositivo o exportándolas a un PC a través de la opción *iTunes File Sharing* para compartirlas por cualquier otro medio.

Si un educador recibe una actividad compartida por otro compañero puede copiarla al buzón de *Actividades compartidas* en la carpeta de Picaa en iTunes e importarla desde la opción correspondiente en la aplicación (Figura 6-13).



Figura 6-13 Opciones avanzadas para compartir y exportar actividades (izquierda), buzón de actividades compartidas en la vista *Ajustes* (centro) y proceso de importación (derecha).

6.3 Actividades y opciones de personalización

6.3.1 Tipo *exploración*

Esta actividad está destinada a que el alumno aprenda conceptos mediante la navegación a través de un sistema hipermedia. Este tipo de actividad se puede utilizar para crear comunicadores simples y agendas, mostrando un conjunto inicial de elementos relacionados con alguna temática de forma que al seleccionar cada uno de ellos aparezcan nuevos elementos o información de refuerzo (por ejemplo, un signo animado o un temporizador) profundizando en el concepto. También puede servir para que el alumno vaya construyendo una historia conforme navega por el sistema hipermedia, observando y seleccionando imágenes, escuchando sonidos, mostrando animaciones y desplazándose a otras páginas (ver Figura 6-14).

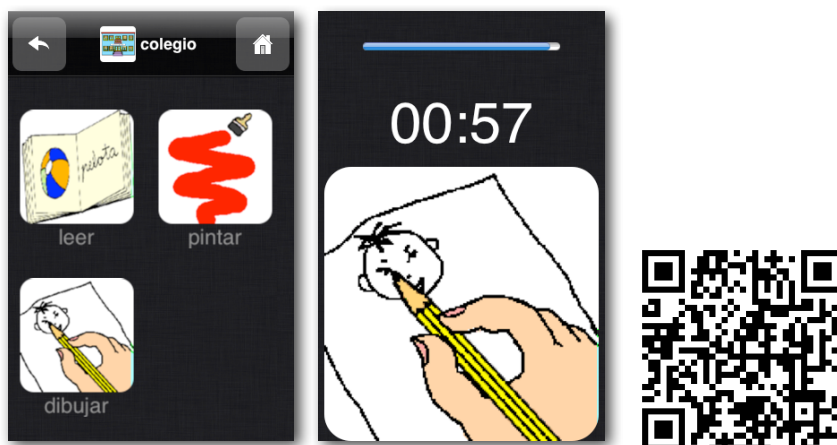


Figura 6-14 Ejemplo de actividad de tipo *Exploración* (izquierda y centro). Código QR con la URL de un vídeo de ejemplo del uso de este tipo de actividad (derecha).

Este tipo de actividad fue el primero en desarrollarse y es la base del uso de Picaa como agenda o sistema alternativo de comunicación.

6.3.2 Tipo *asociación*

Se presentan dos conjuntos de elementos de forma que el alumno debe indicar la relación entre los mismos (ver Figura 6-15). Se contemplan varias variantes:

- Uno a uno. El conjunto de elementos origen y el conjunto de elementos destino tienen el mismo número de elementos de forma que a cada elemento del conjunto origen le corresponde un elemento del destino.
- Múltiple. Los conjuntos origen y destino pueden tener distinto número de elementos.
- Identificación. Uno de los conjuntos, origen o destino, tiene un único elemento a los que se les debe asociar los elementos del otro conjunto que cumpla una determinada propiedad.

La actividad de asociación sirve de base para poder realizar lotos, ejercicios de memoria, ordenación, cálculo y discriminación.



Figura 6-15 Ejemplo de personalización de una actividad de tipo *Asociación* (izquierda y centro) y aspecto de dicha actividad al ejecutarse (derecha).

6.3.3 Tipo *puzzle*

Se presenta una imagen descompuesta en piezas de un puzzle que el alumno debe ordenar (ver Figura 6-16). Se puede configurar el patrón del puzzle, la ordenación de las piezas, la imagen sobre la que se basará el puzzle, el inicio de las piezas en posición aleatoria, etc.

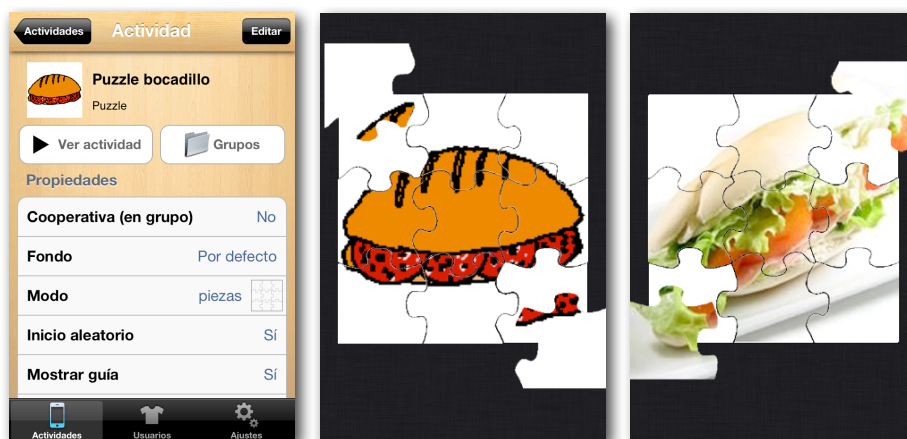


Figura 6-16 Ejemplo de personalización de una actividad de tipo *Puzzle* (izquierda) y aspecto de dicha actividad tomando como base un pictograma (centro) o una imagen real (derecha).

6.3.4 Tipo *ordenación*

En este tipo de actividad se muestra un conjunto de elementos desordenado de forma que el usuario tiene que establecer la secuencia correcta, como por ejemplo ordenar una frase (ver Figura 6-17).

Permite la definición de elementos distractores, esto es, elementos que no forman parte de la secuencia. En este caso en la parte superior (secuencia) habría menos elementos que en la parte inferior (elementos móviles) de forma que el alumno deberá discriminar entre los elementos de la secuencia y aquellos que no formen parte de la solución.



Figura 6-17 Ejemplo de personalización de una actividad de tipo *Ordenación* (izquierda y centro) y aspecto de la ejecución de dicha actividad (derecha).

6.3.5 Tipo *memoria*

Esta actividad permite crear juegos de memoria (memory-match) con tarjetas que están ocultas inicialmente y se dan la vuelta cada vez que el usuario las pulsa (ver Figura 6-18).



Figura 6-18 Ejemplo de personalización de una actividad de tipo *Memoria* (izquierda) y aspecto de la actividad con emparejamiento normal (centro) o imágenes-texto (derecha).

El objetivo es emparejar las imágenes iguales. También exista una modalidad donde se debe emparejar cada imagen con su texto asociado.

6.4 Trabajo cooperativo con *Picaa*

El uso de la plataforma presentado anteriormente corresponde a una primera fase en la que se han empleado las actividades en su modalidad individual. No obstante, dado que uno de los fines del sistema era potenciar la socialización de los usuarios, actualmente estamos desarrollando una extensión de la plataforma para el trabajo en grupo.

De este modo, de entre las actividades mencionadas anteriormente, las de tipo *Asociación*, *Puzzle* y *Ordenación* permiten su uso en grupo en tres modalidades:

- Por turnos, empleando un mismo dispositivo. En este caso se permiten 2 alumnos en dispositivos iPod touch o iPhone y hasta 4 alumnos en iPad. Trabaja un alumno cada vez, durante su turno de interacción.
- En red, empleando dos dispositivos de forma que 2 alumnos pueden trabajar simultáneamente en la resolución de la actividad.
- En red con turnos. Igual que la modalidad anterior pero en este caso la interacción de los alumnos se lleva a cabo mediante turno alternativo.

Para que estas interacciones colaborativas puedan tener lugar, será necesario diseñar *Picaa* como un sistema colaborativo y proporcionar los mecanismos de comunicación y sincronización adecuados:

- *Comunicación*, dotando al sistema de mecanismos apropiados para permitir el intercambio de información entre los alumnos. Se intenta que sea eficaz, es decir, que quien envía y quien recibe la información perciban el mismo concepto; y eficiente en cuanto a gasto de un mínimo de recursos.
- *Coordinación*, con servicios para establecer un enlace coherente entre las aplicaciones y posibilitar el trabajo conjunto en una misma actividad.

- *Cooperación*, consistente en la participación intencionada y coordinada de los miembros de un grupo.

Además, dado que el objetivo principal del trabajo en grupo en este caso es la socialización, deberá desarrollarse la conciencia de grupo durante el trabajo.

6.4.1 Picaa como sistema colaborativo

Los sistemas colaborativos normalmente se clasifican de acuerdo a una matriz de localización/tiempo (ver Tabla 6-1) utilizando la distinción entre trabajo realizado al mismo tiempo (sincrónico) o en tiempos diferentes (asincrónico), y en la misma localización (cara a cara) o en diferentes localizaciones (distribuida) [Ellis, 1991].

Tabla 6-1 Clasificación espacio-temporal de los sistemas colaborativos.

	Mismo tiempo	Diferente tiempo
Mismo lugar	Interacción cara a cara	Interacción asíncrona
Diferente lugar	Interacción distribuida sincrónica	Interacción distribuida asíncrona

En el caso de la plataforma *Picaa*, el desempeño de las actividades en grupo tendrá lugar siempre al mismo tiempo, pudiendo estar los alumnos juntos o en diferentes estancias gracias a la movilidad que aportan los dispositivos y el uso de las tecnologías WiFi y Bluetooth (en la tabla se han remarcado las interacciones que pueden tener lugar).

Existe también una taxonomía basada en cuál es la variable del trabajo cooperativo que es objeto principal de atención, ya sea el individuo, el documento o el proceso [Saadoun, 1997] (ver Tabla 6-2).

Tabla 6-2 Clasificación de los sistemas CSCW según el foco de atención.

Objetivo principal	Definición
Individuo	El sistema gestiona localmente el trabajo de cada individuo en el interior del grupo.
Documento	El sistema vela por la gestión de las tareas encargadas a un documento: su encaminamiento, su consulta, actualización, etc.
Proceso	El sistema controla la conclusión de actividades.

Si atendemos a esta segunda clasificación, en la plataforma *Picaa* el sistema se centra en: 1) la variable individuo, esto es, los alumnos, gestionando su interacción con la actividad; y 2) en la variable proceso, velando por que se desarrollen adecuadamente las actividades y se finalicen.

6.4.2 Comunicación y coordinación

El Aprendizaje Colaborativo requiere mecanismos de comunicación apropiados que permitan el intercambio de información entre alumnos y la coordinación de servicios con el fin de soportar el trabajo en grupo en una misma actividad. El establecimiento de sesiones *peer-to-peer* (Figura 6-19) ofrece una simple y útil forma de facilitar la cooperación entre usuarios y el intercambio de información entre ellos.

La conectividad *peer-to-peer* permite crear una red ad-hoc (Wi-Fi o Bluetooth) entre múltiples dispositivos móviles haciendo uso de la tecnología Bonjour de Apple [Bonjour]. Varias copias de la aplicación funcionando en distintos dispositivos pueden descubrirse e intercambiar información.

De este modo, diferentes copias de una misma aplicación ejecutándose en distintos dispositivos pueden descubrirse, establecer una sesión (Figura 6-19) e intercambiar

información, proporcionando una simple pero poderosa manera de desarrollar actividades en grupo, permitiendo a los usuarios interactuar entre ellos.

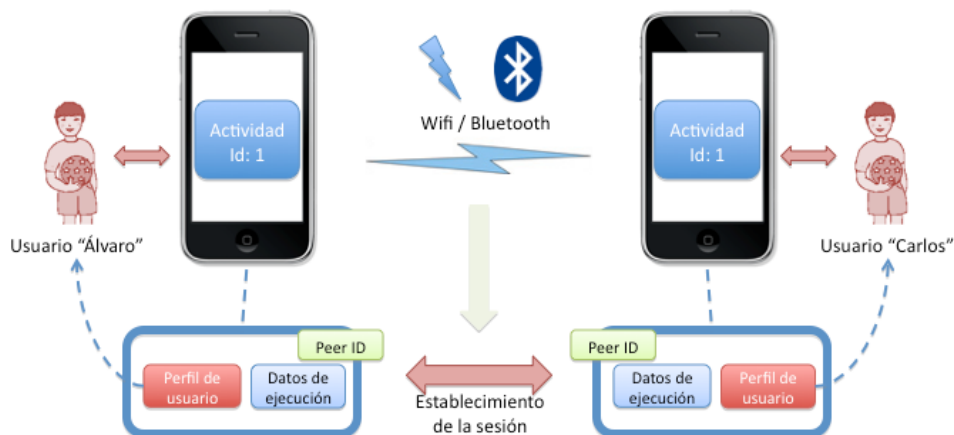


Figura 6-19 Establecimiento de sesión entre las aplicaciones.

Para llevar a cabo el trabajo en grupo es necesaria la sincronización entre instancias de la misma actividad ajustando determinados atributos como, por ejemplo, qué usuario obtendrá el turno al inicio o la posición aleatoria de los elementos (no tendría sentido un puzzle colaborativo donde las piezas estuvieran en diferentes posiciones para cada usuario).

Con el fin de resolver esta problemática se ha dotado a la aplicación de la funcionalidad necesaria para que automáticamente se coordinen este tipo de parámetros. Esto además persigue evitar que el educador deba configurar los parámetros al iniciar sesiones grupo, agilizándolas para promover su uso. En su lugar se proporciona un sencillo mecanismo de selección de compañeros al inicio del trabajo colaborativo (ver Figura 6-20).

Las actividades en grupo se pueden llevar a cabo entre cualesquiera dos dispositivos de la familia iOS (iPod touch, iPhone o iPad). Debido a esto, fue necesario llevar a cabo una conversión de las interacciones entre dispositivos con diferente: orientación (vertical u horizontal), proporciones (4/3 o 3/2), o tamaño. De esta forma, cuando un usuario mueve

un elemento por la pantalla hasta una cierta posición, esta interacción es transferida al dispositivo de destino e interpretada apropiadamente por la aplicación en función del tipo de dispositivo y su orientación.



Figura 6-20 Selección de compañeros en el trabajo colaborativo.

6.4.3 Conciencia de grupo

Descripción y tipos

La conciencia de grupo (*awareness*) es entendida como “la percepción y el conocimiento de las interacciones que efectúan otras personas dentro de un espacio de trabajo compartido” [Gutwin, 1996]. Otros autores [Dourish, 1992] definen la conciencia de grupo como “la comprensión de las actividades de otras personas en la medida en que dichas actividades proveen un contexto para las propias acciones”.

En general, se suelen considerar varias dimensiones dentro de la conciencia de grupo:

- *Conciencia informal*: Consiste en tener una noción general de qué está haciendo cada usuario. El objetivo principal de esta información es que una persona sea capaz de reconocer y aprovechar oportunidades para interactuar con otras personas de su entorno.
- *Conciencia social o conversacional*: Se centra en la comunicación directa entre usuarios e incluye tanto aspectos físicos (¿quién debe hablar a continuación?) como afectivos (¿confía en mí?).

- *Conciencia estructural*: Incluye el conocimiento de la estructura de un grupo y las relaciones existentes entre sus miembros. Dos aspectos fundamentales son: 1) la definición de roles y 2) la asignación de roles a personas (automático, fijo o manual).
- *Conciencia de espacio de trabajo*: Comprende todo el conocimiento que un conjunto de usuarios que comparten un espacio de trabajo deben conocer para realizar un uso eficiente del mismo. Un espacio compartido se compone de un espacio de trabajo y de un conjunto de artefactos que se encuentran disponibles dentro de dicho espacio. El espacio de trabajo constituye una representación de la tarea conjunta que se está llevando a cabo.

Aplicación en Pícaa

De los cuatro tipos de conciencia de grupo descritos, en el caso de *Pícaa* y tratándose de alumnado con necesidades especiales a nivel cognitivo, la labor en grupo se centrará en trabajar conocimientos básicos, creando un único rol para todos los compañeros. A continuación se muestran los aspectos para cada dimensión tenidos en cuenta en el desarrollo de las actividades cooperativas de la plataforma.

1) Conciencia Informal.

Para conseguir la conciencia informal se ha previsto que cada usuario pueda visualizar imágenes o *avatares* representando a sus compañeros. Esta información debe ser extraída del perfil de usuario, el cual es establecido por el educador. El avatar podrá ser, por ejemplo, una foto del usuario, un color o un dibujo.

2) Conciencia Conversacional.

La conciencia conversacional no se ha tratado por considerarse que la comunicación verbal directa entre alumnos con necesidades especiales no entraba dentro de los objetivos de este proyecto ni de los requisitos marcados por

los profesionales colaboradores, al entrañar múltiples dificultades debido a la diversidad funcional de los alumnos.

3) Conciencia Estructural.

En lo que se refiere a la conciencia estructural, tal y como se comentó en el capítulo anterior la plataforma define dos roles principales: uno para el educador y otro para los alumnos. Esta diferenciación puede permitir al educador hacer uso de una actividad de forma diferente a como lo haría un alumno.

4) Conciencia de Espacio de Trabajo.

En cuanto a la conciencia de espacio de trabajo, hay que remarcar que la información contextual como son las acciones de un usuario, el tiempo o el estado del ejercicio (puntuación, objetivos alcanzados, etc.) puede ser usada por otros compañeros para decidir cómo debe seguir realizándose un ejercicio. La conciencia de espacio de trabajo también puede ser usada por el profesor para evaluar el estado de realización del ejercicio, decidir si debe intervenir y dinamizar su ejecución.

En general, se puede transferir información con el objetivo de propagar información visual de las actividades de un alumno hacia el resto, creando conciencia de grupo en el aprendizaje cooperativo.

Feed-through

Durante el desarrollo de la actividad, la información sobre las acciones de los alumnos es propagada con el fin de proporcionar lo que algunos autores denominan *feed-through* [Hill, 2003] [Ferreira, 2009], una variante del *feedback* (realimentación en un sistema interactivo) consistente en el envío de información a varios usuarios reportando las acciones ejecutadas por un usuario concreto (ver Figura 6-21).

El *feed-through* es esencial para proporcionar la conciencia de grupo y la construcción de contextos significativos para la cooperación. La conciencia de grupo será llevada a cabo por medio de varios artefactos mostrados en la Tabla 6-3.

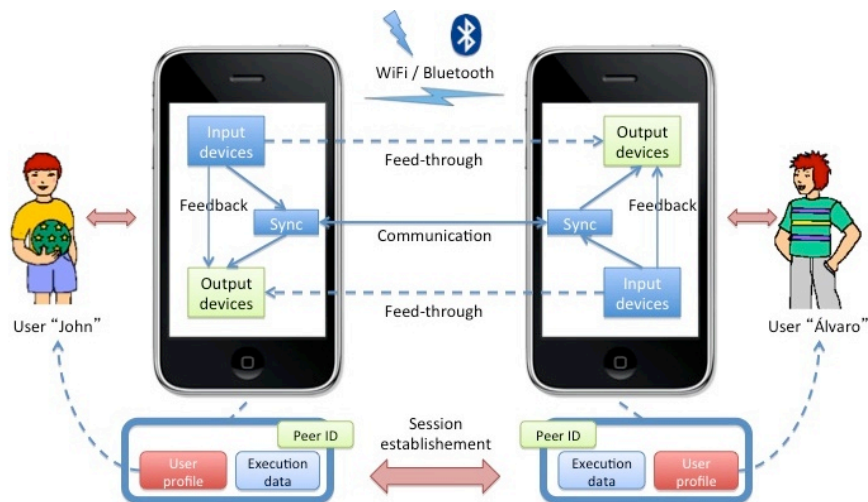


Figura 6-21 Esquema de sesión y flujo de información que tiene lugar cuando una actividad es realizada en grupo.

Tabla 6-3 Artefactos empleados para desarrollar la conciencia de grupo.

Artefactos	Uso	Objetivos
Avatares	Fotografías, dibujos, pictogramas o texto con nombre.	Reforzar qué compañeros están trabajando en una actividad. Indicar de quién es el turno.
Indicadores de puntuación	Número o repetición de iconos representativos (corazones, estrellas, ...).	Informar sobre los objetivos conseguidos.
Telepunteros	Flechas, iconos, reproducción de movimiento de elementos (<i>feed-through</i>).	Visualizar las interacciones llevadas a cabo por los compañeros
Oscurecimiento de pantalla	Indicar que la interacción táctil se encuentra desactivada.	Reforzar que el turno pertenece a otro compañero.
Señales auditivas	Señalización de eventos.	Información sobre incorporación (inicio de sesión) o abandono (cierre) de un compañero a la actividad.
Colores/texturas	Asociar un color a cada usuario.	Visualizar en una actividad qué ha hecho cada compañero, resaltando las partes o elementos con distinto color o textura.

En la Figura 6-22 se ilustran algunos de los mecanismos mencionados en la Tabla 6-3.



Figura 6-22 Selección de compañeros al inicio (izquierda), avatares de usuario con puntuación y turno (centro y derecha) y telepuntero mostrando la interacción de un compañero (derecha).

Además, cuando una actividad se realiza en grupo, cada uno de los usuarios podrá tener diferentes adaptaciones de ésta y del *awareness* recibido, obteniendo así un esquema de trabajo muy interesante, ya que los materiales variarán dinámicamente en función de sus diferentes necesidades individuales. En la Figura 6-22 (centro y derecha) se muestra cómo dos compañeros trabajan con una misma actividad pero el tipo de letra (escolar o estándar) o el modo de información (imágenes y/o texto) varía en función de lo establecido en el perfil de usuario por parte del educador.

6.5 Distribución en el App Store

La versión 1.0 de *Picaa* fue publicada en el App Store en Mayo de 2010 y desde entonces se han realizado unas 25.000 descargas en todo el mundo¹¹.

¹¹ Número de descargas obtenido a través del portal iTunes Connect de Apple. Cifra total en Mayo de 2013.

La Tabla 6-4 muestra la evolución de la herramienta a través del histórico de versiones en el App Store.

Tabla 6-4 Historial de versiones de *Picaa*.

Versión	Fecha de salida	Características/novedades
v1.0.0	22/05/2010	Versión iPhone/iPod touch
v1.1.1	15/06/2010	Nueva funcionalidad: Copiar actividades
v1.2.1	08/07/2010	Nueva funcionalidad: Grabación de sonidos
v1.3.0	28/07/2010	Cambio a app tipo universal (soporte para iPad)
v1.3.1	25/09/2010	Soporte para iOS < 4.0
v1.3.2	22/10/2010	Nueva funcionalidad: Compartir actividades
v1.4.0	08/11/2010	Nueva pantalla de inicio, mejoras en la usabilidad
v1.4.1	20/12/2010	Sistema TTS (text-to-speech), fuente escolar, soporte al gallego
v1.4.2	20/01/2011	Soporte al trabajo en grupo
v1.4.3	15/02/2011	Novedades en las actividades de tipo <i>Exploración</i>
v1.5.0	07/09/2011	Nuevo diseño, grupos, fondos, colores, nueva actividad tipo <i>Memoria</i>
v1.5.1	28/09/2011	Soporte al árabe, mejoras de rendimiento
v1.5.2	18/10/2011	Cambio en el proceso de arranque (tareas en 2º plano)
v1.5.3	27/10/2011	Actualización de compatibilidad con iOS5 1/2
v1.5.4	04/11/2011	Actualización de compatibilidad con iOS5 2/2
v1.5.5	28/11/2011	Corrección fallo en la ordenación de elementos en <i>Memoria</i>
v1.5.6	20/12/2012	Pequeñas correcciones y mejoras
v1.5.7	20/01/2012	Nuevos puzzles, sonidos en destino en <i>Asociación</i> y <i>Ordenación</i>
v1.5.8	14/05/2012	Ampliación del motor TTS, incorporación de voz masculina y posibilidad de seleccionar idioma (español o inglés).
v1.5.9	24/05/2012	Pequeñas correcciones y mejoras
v1.6.0	17/10/2012	Actualización de compatibilidad con iOS 6

Como puede apreciarse en la Tabla 6-4, la aplicación ha evolucionado mucho desde que la versión 1.0 fuera publicada en 2010.

En este período se han incorporado mejoras a nivel de usabilidad y estabilidad del sistema, nuevos tipos de actividades y funcionalidades y mejores diseños de la interfaz de usuario (ver Figura 6-23).

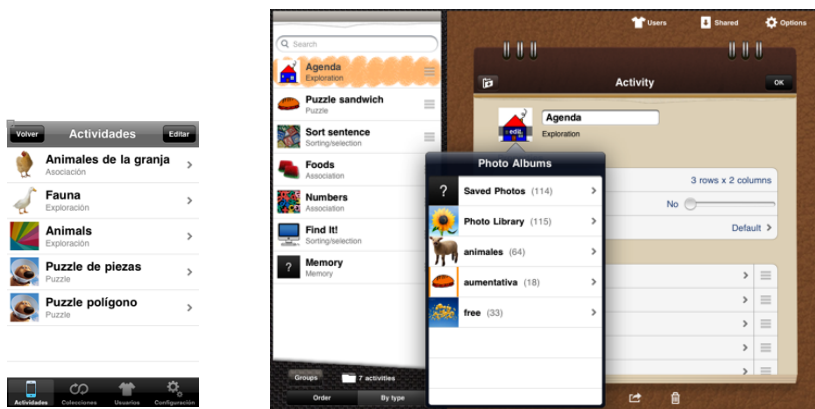


Figura 6-23 Primera versión de Picaa para iPod touch (izquierda) y versión actual para iPad (derecha).

En todo ese tiempo la aplicación ha destacado en varias ocasiones dentro del App Store, figurando en diversas clasificaciones y 'tops' de relevancia dentro de la sección de Educación: Top 10 en 3 países (España, Chile y Paraguay) y Top 100 en más de 30 países (entre otros: Portugal, Argentina, Venezuela, Perú, Colombia, Noruega, Grecia, Arabia Saudi, Holanda, Suiza, Suecia, EE.UU., Australia, Japón o Alemania).

6.6 Conclusiones

A lo largo del capítulo se ha presentado la aplicación *Picaa*, fruto del trabajo de varios años de investigación aplicada y estudio de las necesidades de alumnos y profesores en Educación Especial y de las particularidades de las tecnologías móviles.

Este breve resumen y exposición de capacidades pretende plasmar el hecho de que tras todo el proceso seguido se ha logrado obtener un producto bien acabado, útil, con una

funcionalidad clara y fácil de usar, lo cual encaja a la perfección con las directrices de las metodologías más centradas en el éxito como producto que se analizaron en el Capítulo 3.

Además de estas cualidades, se ha profundizado en el aspecto colaborativo de la aplicación, sin duda una de las características más innovadoras y arriesgadas, analizando sus capacidades para crear conciencia o *awareness* social como medio para fomentar la socialización de los alumnos.

Por último, se han facilitado datos sobre la evolución del software a lo largo del proyecto y la distribución del mismo a nivel mundial, remarcando el éxito del producto anteriormente citado y la viabilidad del mismo más allá del ámbito académico.

Referencias del capítulo

- [Bonjour] Tecnología de comunicación Bonjour de Apple:
<http://www.apple.com/bonjour>
- [Dourish, 1992] Dourish, P., Bellotti, V. *Awareness and coordination in shared workspaces*. In Proceedings of ACM CSCW'92 Conference on Computer Supported Cooperative Work, Toronto, Canada. pp. 107-114. 1992.
- [Ellis, 1991] Ellis C. *Groupware: Some Issues and Experiences*. Communications of the ACM, Núm. 34, pp. 39-58, 1991.
- [Ferreira, 2009] Ferreira, A., Antunes, P., Pino, J.A. *Evaluating Shared Workspace Performance Using Human Information Processing Models*. Information Research - An International Electronic Journal vol. 14 no. 1, 2009.
- [Ferreiro, 2006] Ferreiro, R.: *Estrategias Didácticas del Aprendizaje Cooperativo*. El Constructivismo Social: una Nueva Forma de Enseñar y Aprender. Eduforma, Sevilla, 2006.

- [Gutwin, 1996] Gutwin, C., Greenberg, S. *Workspace awareness for groupware*. Conference companion on Human factors in computing systems: common ground, p.208-209, Vancouver, Canada. 1996.
- [Gutwin, 2002] Gutwin, C., and Greenberg, S. A descriptive framework of workspace awareness for real-time groupware. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW) 11, 3* (2002), 411-446.
- [Hill, 2003] Hill, J., Gutwin, C. *Awareness Support in a Groupware Widget Toolkit*. In: Proceedings of the 2003 international ACM SIGGROUP Conference on Supporting Group Work, Sanibel Island, pp: 258–267. New York, ACM Press.
From:
<http://hci.usask.ca/publications/2003/maui-group03.pdf>
- [Schaeffer, 2005] Schaefer B, Raphael A, Kollinzas G. *Habla signada: para alumnos no verbales*. Madrid: Alianza; 2005
- [SignosAnimados] Pictogramas diseñados por Andrés Pérez Camarasa y la Asociación Nacional de Tecnología para la Diversidad (Divertic) para el proyecto TIN2008-05995/TSI . Distribuidos bajo Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License.

Uso de la Plataforma

7.1 Propósito

Una vez diseñada y desarrollada la plataforma de Aprendizaje Móvil *Picaa* como parte de la investigación, el siguiente propósito consistía en implantar y evaluar la plataforma obtenida en entornos reales, siendo usada por profesores y alumnos que presentaran necesidades específicas de apoyo educativo en diferentes ámbitos de su desarrollo. A pesar de que se habían llevado a cabo pruebas de prototipos por parte de alumnos con necesidades educativas especiales desde fases muy tempranas del proyecto, era necesario validar científicamente que la tecnología obtenida era útil y beneficiosa para los usuarios finales.

El principal objetivo era evaluar si efectivamente se estaba ofreciendo un material que favorecía el aprendizaje de los alumnos, al mismo tiempo que ayudaba a los docentes implicados a generar actividades de enseñanza adaptadas a las necesidades de aprendizaje de sus alumnos.

Este capítulo recogerá todos los aspectos relativos a la experiencia de uso de la herramienta creada como resultado de la investigación, detallando el estudio experimental llevado a cabo en varios centros españoles y analizando los resultados obtenidos. También se aportarán datos sobre el uso de forma externa a los estudios realizados.

7.2 Estudio. Método de la investigación

7.2.1 Diseño de la investigación

Para este fin, se diseñó un estudio de carácter pre-experimental, dado que la muestra no se seleccionó al azar, sino que en cada uno de los centros colaboradores los educadores decidían con qué alumnos se iba a emplear la herramienta. Esta elección normalmente estaba basada en el conocimiento que los educadores tenían sobre las necesidades y capacidades de cada alumno y debía tener en cuenta el hecho de que el seguimiento del estudio requería un trabajo extra proporcional al número de alumnos a evaluar por aula.

La investigación [Fernández, 2012] [Rodríguez, 2012] giró en torno a dos grandes líneas de acción que constituían la esencia del propósito de este trabajo, dando cuerpo a las hipótesis de investigación que pretendíamos constatar con el estudio:

H₁: La utilización de la Plataforma de Aprendizaje Móvil Picaa puede favorecer el desarrollo de las competencias para el aprendizaje en alumnos con necesidades educativas especiales derivadas de la presencia de algún tipo de trastorno o discapacidad.

H_{1b}: El repertorio de tipos de actividades proporcionado por la Plataforma de Aprendizaje Móvil Picaa es adecuado para el aprendizaje de alumnos con necesidades educativas especiales.

(La hipótesis **H_{1b}** viene a complementar a la hipótesis **H₁**)

H₂: Los profesionales que enseñan a alumnos con necesidades educativas especiales derivadas de la presencia de algún tipo de trastorno o discapacidad, valoran positivamente el uso de la Plataforma de Aprendizaje Móvil Picaa.

Para conseguir alcanzar el objetivo del estudio y poder constatar las hipótesis planteadas, se definieron unas metas u objetivos en base a tres ámbitos de la investigación (ver Tabla 7-1).

Tabla 7-1 Objetivos de la investigación.

Ámbito	Objetivos
Implementación	<p>Diseñar una plataforma de actividades educativas que sirvan como apoyo al aprendizaje, Picaa.</p> <p>Diseñar un material guía que favorezca la utilización de Picaa por parte de los profesionales de la enseñanza.</p> <p>Realizar protocolos de observación y recogida de información para utilizar antes, durante y después de la implementación de Picaa con los distintos usuarios.</p> <p>Ofrecer una formación previa a los profesionales que van a utilizar Picaa con sus alumnos, para que puedan realizar actividades adaptadas a cada usuario en particular.</p> <p>Proporcionar apoyo y seguimiento a los profesionales que utilizan Picaa durante todo el proceso de implementación.</p>
Utilización de las TIC	<p>Desarrollar un software para personas con necesidades educativas especiales.</p> <p>Utilizar dispositivos multimedia portables (iPhone, iPod touch o iPad).</p>
Evaluación	<p>Valorar la eficacia y utilidad de Picaa desde la perspectiva del alumno que presenta necesidades educativas especiales. Para ello se llevaría a cabo una evaluación del desarrollo de competencias básicas (ver siguiente subapartado).</p> <p>Valorar la eficacia y utilidad de Picaa y su capacidad de modificación y adaptación a las necesidades e intereses de los alumnos, desde la perspectiva de los profesionales docentes.</p>

Evaluación de competencias

Uno de los principales objetivos del estudio era medir las competencias desarrolladas por los alumnos ya que Picaa permite instanciar ejercicios para trabajar conceptos correspondientes a diferentes competencias.

Sin embargo, debido a la amplia diversidad funcional de los alumnos con necesidades educativas especiales, en el campo de la Educación Especial no existe un test estándar para evaluar competencias y conocimientos de los estudiantes como pueda existir en Educación Primaria o Secundaria.

Por este motivo, se diseñó un cuestionario adaptado con el propósito de medir las capacidades de los alumnos y basado en las 5 competencias básicas propuestas por el sistema educativo en España (ver Figura 7-1).

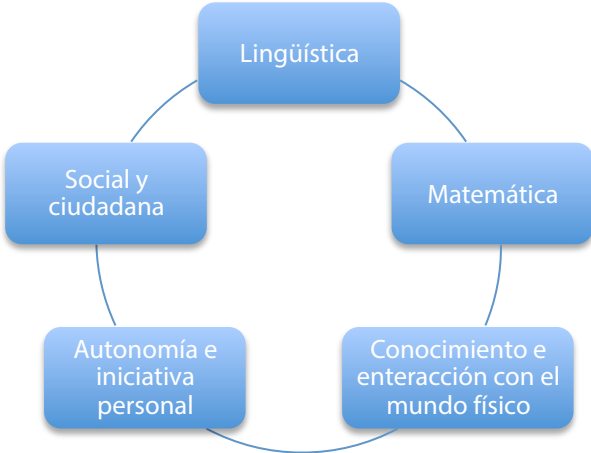


Figura 7-1 Competencias básicas evaluadas en el estudio.

Variables

Para realizar esta investigación se va a utilizar un diseño pre-experimental de un solo grupo con pretest y postest, cuyo esquema representamos como $O_1 \times O_2$. Las variables explicativas de la investigación se muestran en la Tabla 7-2.

Tabla 7-2 Variables del estudio

Tipo	Objetivos
Independientes*	Picaa: Actividad de Asociación. Picaa: Actividad de Exploración. Picaa: Actividad de Puzzle. Picaa: Actividad de Ordenación.
Dependientes	Competencias desarrolladas en el alumno (pretest-postest). Observaciones sobre aspectos conductuales, recogidas durante la implementación. Opinión de los profesionales sobre Picaa (recogidas tanto al inicio como al final). Opinión de los padres sobre Picaa (recogidas tanto al inicio como al final).

* Nota: El tipo de Actividad *Memoria* no se evaluó pues se incorporó a la plataforma posteriormente.

7.2.2 Participantes

En el estudio participaron 39 alumnos con necesidades educativas especiales pertenecientes a 14 centros específicos y ordinarios de España. El muestreo fue no probabilístico, de tipo causal, por accesibilidad (de frecuente uso en investigación educativa).

La herramienta se empleó con un número mayor de alumnos, en torno a 50, pero finalmente se obtuvieron registros y medidas de 39 de ellos, 34 en el caso de los cuestionarios que miden las competencias (ver apartado *Instrumentos*).

En el estudio también participaron un total de 26 profesionales del ámbito educativo y 2 padres. Estos participantes colaboraron en la aplicación de los cuestionarios y completaron un cuestionario específico para educadores y padres.

Grupos

Los alumnos estaban organizados en grupos de trabajo reducidos (máximo 6 alumnos) en función de su distribución natural en las aulas de los distintos centros participantes. En este caso no se siguió el esquema clásico donde los alumnos son divididos entre grupos de control y experimental [Winner, 1971]. Esta circunstancia es debida a que la investigación en Educación Especial está sujeta a una serie de particularidades y limitaciones. Desde hace varias décadas diversos autores suelen coincidir en una serie de dificultades metodológicas (Dueñas, 2000; De Miguel, 1986; Schindele, 1985; Dueñas, 1994):

- a) Variabilidad de la población. La población suele presentar las características de ser extremadamente heterogénea y presentar una gran variabilidad dentro de los grupos. Existe una gran complejidad a nivel individual causada por la discapacidad y el tratamiento específico, lo que suele considerarse como la mayor dificultad de las investigaciones en Educación Especial (Cronbach y Snow, 1979) y solo puede evitarse a través de los diseños que minimizan las diferencias individuales.
- b) Problemas con el grupo de comparación. Tourón (2000) nos habla del llamado problema del grupo de comparación y se refiere a la selección adecuada de un grupo de comparación para el que recibe el programa (tratamiento). Esto hace que en el campo de estudio de las necesidades específicas de apoyo educativo, se abandonen los diseños experimentales por ser inadecuados para medir las realidades educativas en caso de necesidades especiales, y se opte por otros diseños. Señala que los grupos de comparación son grupos de «control no equivalentes» porque no se han formado por procedimientos aleatorios y por tanto no se consideran suficientemente equiparables a los grupos experimentales, por tanto no son grupos de control en sentido estricto. Y sería muy difícil formar grupos que por sus características fueran comparables con el grupo elegido para el tratamiento.
- c) Problemas de muestras. Las dificultades en este campo son serias y muy distintas: problemas de elección de sujetos al azar (aleatorización) y dificultades para obtener muestras representativas (Sánchez-Palomino & Carrión, 2002; Fernández, 2008), tanto en lo que se refiere al número como a una determinada discapacidad y para la constitución de un adecuado grupo de sujetos especialmente en los diseños experimentales referentes a grupos (Bryk & Weisber, 1977).
- d) La propia naturaleza de la Educación Especial. El proceso mismo de educación especial, por su naturaleza dinámica, por su complejidad y multidimensionalidad, por su singularidad e individualidad, puede tener una gran influencia en la investigación de la evaluación de la intervención (Mc. Reynolds & Kearns, 1982). Las estrategias y métodos de investigación en este área pueden estar también delimitadas por el contexto institucional en el que la investigación se realiza y por las consideraciones éticas y morales que es necesario tener en consideración cuando la investigación

concierno a personas con condiciones excepcionales en su desarrollo y aprendizaje (Schindele, 1985; Garanto, 1997).

Por tanto, la decisión de no emplear grupo de control estuvo motivada por varias circunstancias:

- La enorme diversidad funcional existente entre alumnos con necesidades especiales dificulta que el esquema basado en grupos de control cobrara menos sentido.
- En la mayoría de los casos existía un número reducido de alumnos candidatos a usar la herramienta en cada centro, imposibilitando la división en grupos. Tampoco era recomendable que los grupos de control y experimental estuvieran en centros diferentes debido a las diferencias existentes entre los procesos de enseñanza seguidos.
- Desde el punto de vista de la ética profesional era cuestionable aplicar un sistema de estas características, que en principio está orientado a mejorar el día a día de alumnos con necesidades especiales, solo con algunos y discriminando a otros.

7.2.3 Materiales

Durante el estudio, cada grupo dispuso de 1 ó 2 dispositivos iOS (ratio de 2 alumnos por dispositivo), un total de unos 20 dispositivos entre iPads (mayor proporción) y iPod touch.

También se proporcionó a los educadores una guía de uso de la herramienta Picaa.

7.2.4 Instrumentos

Para el estudio se emplearon varios instrumentos de medida.

Cuestionarios

- Un cuestionario de evaluación de competencias a diferentes niveles (lenguaje, matemáticas, conocimiento del entorno, autonomía y social) compuesto por un total de 51 ítems. El educador responsable de cada estudiante llevó a cabo la evaluación antes y después del uso de Picaa.
- Un cuestionario de evaluación del uso de las actividades por cada alumno, indicando la frecuencia de uso, la finalidad de la actividad, las adquisiciones del alumno y su motivación mientras trabajaba. El cuestionario estaba compuesto de 15 ítems.
- Un cuestionario de evaluación inicial sobre la guía de uso y las posibilidades que ofrece Picaa. En este cuestionario se evaluaba la guía (8 ítems) y la utilidad de la plataforma a priori (8 ítems).
- Un cuestionario de evaluación final sobre las posibilidades que ofrece Picaa. En este cuestionario se evaluaban diferentes aspectos como la capacidad de personalización, la portabilidad, la motivación, etc. (25 ítems) y la utilidad de la plataforma a posteriori (8 ítems, los mismos que en el cuestionario anterior).

Escalas

Todos los cuestionarios anteriores estaban compuestos de ítems con escalas tipo Likert de 4 niveles. En la elaboración de este tipo de escalas es frecuente que se plantee la discusión sobre si es mejor emplear escalas impares o pares:

- Las escalas impares establecen un continuo desde el valor inferior al superior, no cortando la escala.
- Las escalas pares obligan a elegir el sentido de la respuesta, impidiendo el valor intermedio, que habitualmente denota indiferencia o indecisión por uno u otro valor.

Para este estudio se tomó la decisión de eliminar la elección neutra intermedia, para evitar que los encuestados se inclinen por agrupar las evidencias en la categoría central y

lleguen a acomodarse en esta opción, perdiéndose así la capacidad de discriminación de los ítems (McMillan & Schumacher, 2006).

Registros

- Un registro personal de usuario con información personal y algunos datos relevantes para el estudio como edad, género, diagnóstico si lo hubiera, etc.
- Un registro observacional de sesiones de trabajo del alumno con Picaa, incluyendo información descriptiva sobre la naturaleza de la sesión.

7.2.5 Procedimiento

A continuación se describe el proceso seguido para llevar a cabo el estudio de uso de la herramienta Picaa. Para ello destacamos las siguientes fases:

- 1) Selección de centros educativos y aulas donde se va a llevar a cabo el estudio.
Este proceso de selección se llevó a cabo durante el año 2010.
- 2) Seminario de formación en el conocimiento y diseño personalizado de las actividades de Picaa, para los docentes (o padres) implicados en el estudio.
Se llevaron a cabo dos cursos de formación en Enero de 2011.
- 3) Opinión del profesorado (o padres) sobre la guía de uso de Picaa y las posibilidades que dicha herramienta ofrece a su alumnado. Se cumplimentó el cuestionario "*Cuestionario inicial para docentes sobre la Guía de uso y Posibilidades que ofrece Picaa*" o en su caso "*Cuestionario inicial para padres sobre la Guía de uso y Posibilidades que ofrece Picaa*".
Los cuestionarios fueron cumplimentados en los primeros días de Febrero de 2011.
- 4) Selección de alumnos (muestra) para el estudio de Picaa. Tras la selección se cumplimentó la ficha de "*Registro personal de usuario*".
Los cuestionarios fueron cumplimentados en los primeros días de Febrero de 2011.

- 5) Evaluación inicial de las competencias que presentan cada uno de los niños que van a utilizar la herramienta Picaa. (PRETEST = "*Cuestionario para la evaluación inicial del alumno*").

Los cuestionarios fueron cumplimentados en los primeros días de Febrero de 2011.

- 6) *Implementación de Picaa a través de las actividades de asociación, exploración, puzzle y ordenación.* Para ello cada educador realizó en torno a 40 sesiones (aproximadamente 3 a la semana) atendiendo a las características del alumno y a las actividades de Picaa realizadas.

El uso de la herramienta Picaa realizó de Febrero a Mayo de 2011.

- 7) Recogida de información de modo observacional durante la utilización de Picaa por parte de los alumnos de la muestra. Para ello los profesionales cumplimentaron al finalizar cada sesión la ficha de "*Registro observacional de sesiones*".

Estas fichas se cumplimentaron de Febrero a Mayo de 2011.

- 8) Evaluación final de las competencias que presenta cada uno de los alumnos que ha utilizado la herramienta Picaa. (POSTEST = "*Cuestionario para la evaluación final del alumno*").

Se realizó hacia finales de mayo de 2011.

- 9) Recogida de opiniones del profesorado (o padres) que ha participado en la investigación sobre la utilidad y el aprovechamiento de Picaa. Cada profesional cumplimentó el "*Cuestionario final para docentes sobre las posibilidades que ofrece Picaa*" o en su caso el "*Cuestionario final para padres sobre las posibilidades que ofrece Picaa*".

Estos cuestionarios se cumplimentaron hacia finales de Mayo de 2011.

La Figura 7-2 muestra un esquema del proceso seguido:

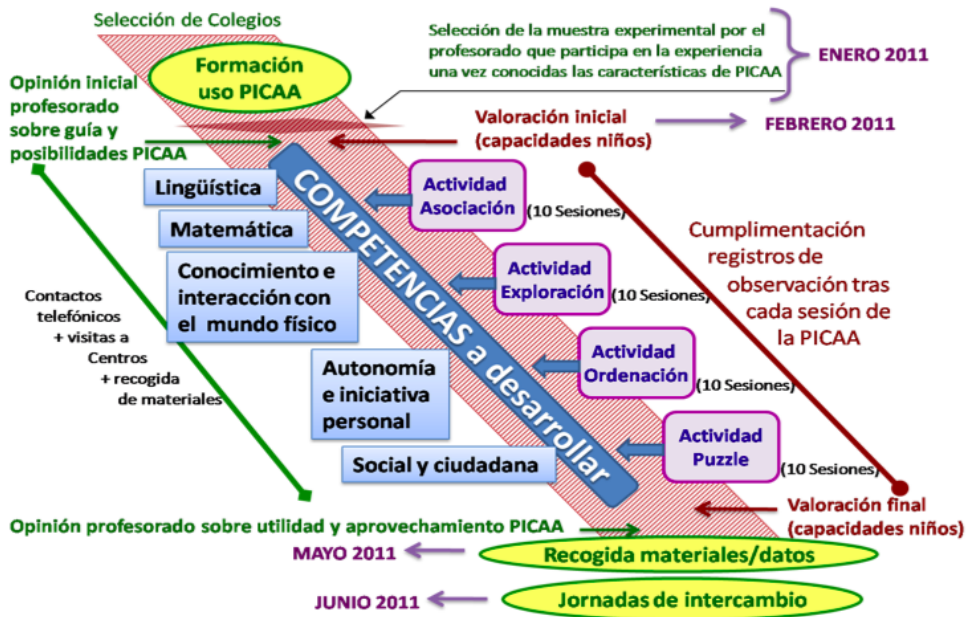


Figura 7-2 Diseño del procedimiento de implementación de Picaa.

7.3 Resultados

7.3.1 Análisis descriptivo

Los alumnos participantes tenían diferentes necesidades especiales derivadas de trastornos como el Trastorno de Espectro Autista (TEA), Síndrome de Down (SD), Síndrome X-Frágil (SXF), Trastorno Generalizado del Desarrollo (TGD) o el Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) junto con discapacidad intelectual (DI). Otros alumnos no tenían un diagnóstico médico claro pero sí necesidades especiales a nivel intelectual o motórico (DI/DM). La Tabla 7-3 muestra la distribución por diagnóstico y género de la muestra.

Tabla 7-3 Distribución por diagnóstico y género

Diagnóstico	Varón	Mujer	Total
TEA	13	5	18
TGD	1	0	1
SXF	1	0	1
DI/TDAH	2	0	2
SD	2	1	3
Otros (DI/DM)	9	5	14

Estos participantes estudiaban en 14 centros educativos pertenecientes a 5 comunidades autónomas (ver Figura 7-4): Andalucía (provincias de Granada y Sevilla), Madrid, Murcia, Comunidad Valencia (provincia de Valencia) y Galicia (provincias de A Coruña y Pontevedra).

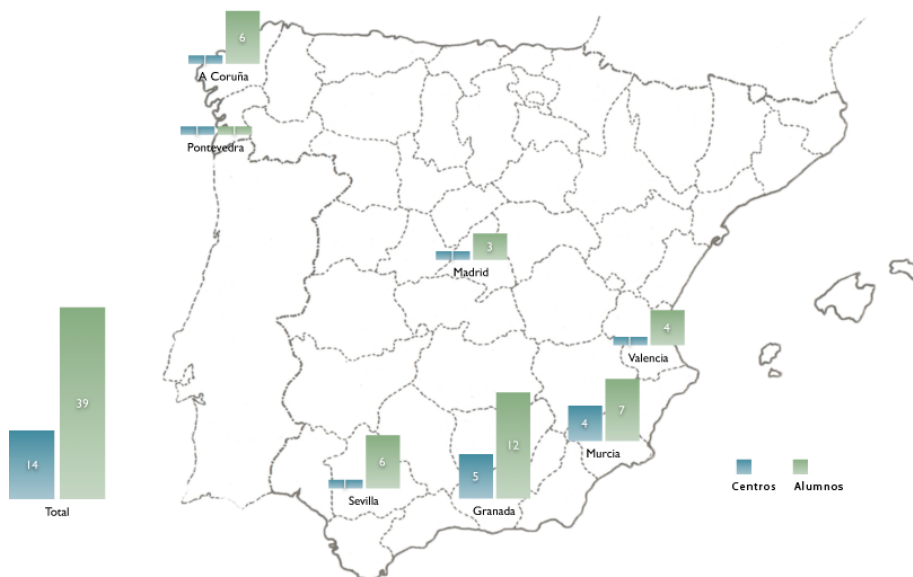


Figura 7-3 Distribución por centros y regiones.

Del total de 39 participantes, el 72% eran de género masculino y el 28% de género femenino (ver Figura 7-3).

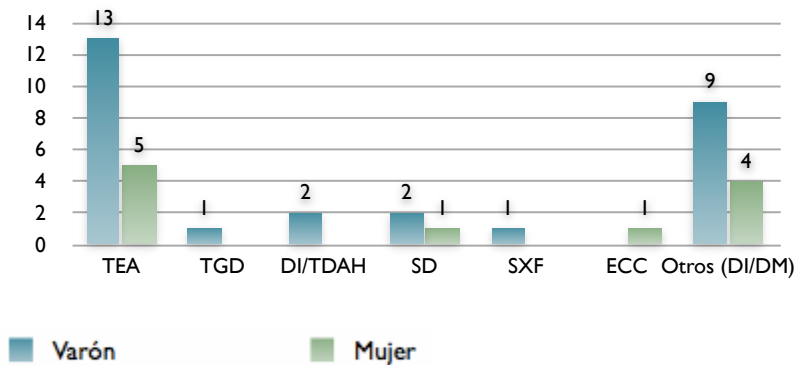


Figura 7-4 Distribución por diagnóstico y género

La edad media de la muestra fue 11.8 años con una desviación estándar de 4.2 años. Las edades de los participantes estaban comprendidas entre los 4 y los 20 años, aunque la mayoría, un 82%, estaban comprendidas entre los 6 y los 15 años (ver Figura 7-6).

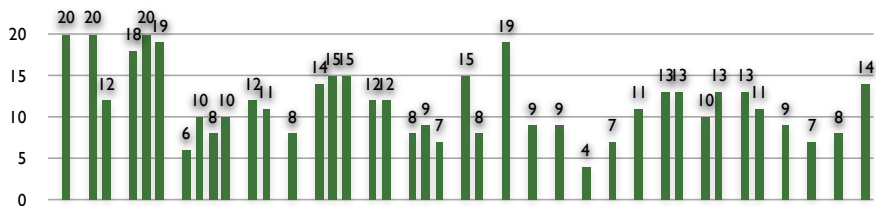


Figura 7-5 Distribución por edades

7.3.2 Evaluación de las competencias

Fiabilidad de los instrumentos

El análisis de los instrumentos de medida (cuestionarios) muestra que los datos obtenidos del estudio son internamente consistentes con un coeficiente α de Cronbach de: 1) .87 en el caso de la competencia *Lingüística*, 2) .91 para la competencia *Matemática*, 3) .92 para la

competencia en *Conocimiento e interacción con el mundo físico*, 4) .80 para la competencia en *Autonomía e iniciativa personal* y 5) .92 para la competencia *Social y ciudadana*. Todos estos valores superan el mínimo recomendado en la literatura (Peterson, 1994).

Con el coeficiente del alfa de Cronbach hemos tratado de determinar que las medidas obtenidas a través de los instrumentos de evaluación creados, están libres de error o que el error está controlado lo más posible. Consideramos que la fiabilidad es una condición necesaria para la validez.

La fiabilidad podría haberse estimado de diferentes maneras (la estabilidad, la equivalencia, la estabilidad y la equivalencia, la consistencia interna, el acuerdo). Nosotros elegimos calcular la fiabilidad a través de la consistencia interna, porque es el tipo de fiabilidad más frecuente que puede estimarse a partir de la entrega, única, de una forma de test. Y en concreto, hemos utilizado el alfa de Cronbach porque es el tipo de fiabilidad más apropiado para investigación de estudio en la que los cuestionarios presentan un posible rango de respuestas para cada ítem. (McMillan & Schumacher, 2006).

Resultados

De la muestra completa, los cuestionarios de competencias inicial y final fueron completados por $n = 34$ participantes. Se comprobó que los datos estaban normalmente distribuidos por medio del test de Shapiro-Wilk (Shapiro, 1965).

Tras comparar los resultados de ambos test para las 5 competencias básicas se observó que había un incremento en las puntuaciones obtenidas para cada competencia:

- *Lingüística*, un incremento del 5.76% de media.
- *Matemática*, un incremento del 5.56% de media.
- *Conocimiento e interacción con el mundo físico*, una media de mejora del 7.59%.
- *Autonomía e iniciativa personal*, un incremento del 7.26% en media.
- *Social y ciudadana*, un incremento del 4.23% de media.

Verificación de los resultados

Con el fin de verificar que este incremento no era debido al azar, se llevó a cabo la prueba de los signos de Wilcoxon (Wilcoxon, 1945), prueba no paramétrica para muestras relacionadas, con las siguientes hipótesis de partida:

Hipótesis experimental: el incremento en los niveles de competencias de los alumnos es debido al trabajo con la plataforma de aprendizaje Picaa.

Hipótesis nula: el incremento observado es debido al azar.

Los resultados de la prueba de Wilcoxon revelan diferencias estadísticamente significativas en todas las competencias consideradas ($p < .05$) de modo que se puede rechazar la hipótesis nula y afirmar que el incremento en las competencias es significativo.

De manera complementaria se realizó un test de signos y los resultados concluyeron que las variables comparadas, en este caso las competencias antes y después, diferían significativamente ($p < .05$).

Análisis de los resultados por factores

Una vez demostrado que había diferencias significativas entre los resultados del pretest y el postest, se llevó a cabo un análisis comparativo separando la muestra según dos factores: 1) género y 2) diagnóstico.

El objetivo era analizar si la herramienta Picaa afectaba de manera diferente según estos parámetros, por lo que se realizaron dos test:

- Un test de Mann-Whitney [Mann & Whitney, 1947] para el caso del género, obteniendo que no había diferencias significativas en el grado de mejora de las competencias en función del género.

- Un test de Kruskal-Wallis [Kruskal & Wallis, 1952] para el caso del diagnóstico. Por cuestiones estadísticas se dividió la muestra en dos grupos, TEA y el resto. El objetivo era comprobar que la herramienta no resultaba más beneficiosa al colectivo de alumnos con TEA que al resto y los resultados mostraron que no había diferencias significativas en el grado de mejora entre los dos grupos analizados.

7.3.3 Uso de las actividades

Resultados

Todos los tipos de actividades fueron usados con una frecuencia alta. Cabe destacar que el 89.7% de los participantes usaron los 4 tipos de actividades.

Las actividades de *Asociación* y *Puzzle* fueron las más usadas. La siguiente tabla muestra el porcentaje de uso por tipo de actividad:

Tabla 7-4 Porcentaje de uso de actividades por sesión

Tipo de actividad	Nunca	A veces	Con frecuencia	Siempre
Asociación	0.0 %	9.7 %	51.6 %	38.7 %
Exploración	3.4 %	27.6 %	58.6 %	10.4 %
Puzzle	6.4 %	22.6 %	29.1 %	41.9 %
Ordenación	3.2 %	25.8 %	41.9 %	29.1 %

En cuanto al propósito para el que la herramienta fue usada, en general la plataforma fue empleada como apoyo a ejercicios en el aula y actividades diarias:

- Muchos profesionales la usaron para promover la lectura y algunos la escritura.
- Destacó su uso para anticipar circunstancias, como sistema de comunicación aumentativa o agenda.

- Otros usos fueron como Bits de inteligencia, para trabajar con números, ejercicios de generalización o prelectura.

7.3.4 Utilidad de la plataforma

Fiabilidad del instrumento

El análisis del cuestionarios de evaluación muestra que los datos obtenidos del estudio son internamente consistentes con un coeficiente α de Cronbach de .87, valor que supera el mínimo recomendado en la literatura para este tipo de estudios (Peterson, 1994).

Resultados

Los resultados de los cuestionarios demuestran que las altas expectativas que tenían los profesores al comienzo del estudio se han mantenido tras usar la herramienta durante el período del estudio. En concreto se evaluaron los siguientes aspectos (ver Figura 7-6):

- a) Da soporte a los profesionales para que puedan diseñar actividades educativas personalizadas.
- b) Las actividades se pueden adaptar al alumno teniendo en cuenta el perfil del usuario final al que van dirigidas.
- c) Facilita y estimula la realización de las actividades en cualquier lugar implicando en la educación a profesionales y familia.
- d) Posibilita la realización de ejercicios en grupo, entre diferentes alumnos, favoreciendo así la socialización.
- e) Su portabilidad le convierte en un recurso útil para la comunicación en cualquier entorno, educativo o familiar.
- f) Puede ser usado por alumnos con diferentes capacidades cognitivas y comunicativas que presentan n.e.e.

- g) En las actividades se pueden incorporar distintos recursos multimedia (imágenes, sonidos, animaciones...)
- h) Se pueden elegir distintos modos de interacción táctil para utilizar la herramienta por parte del usuario.

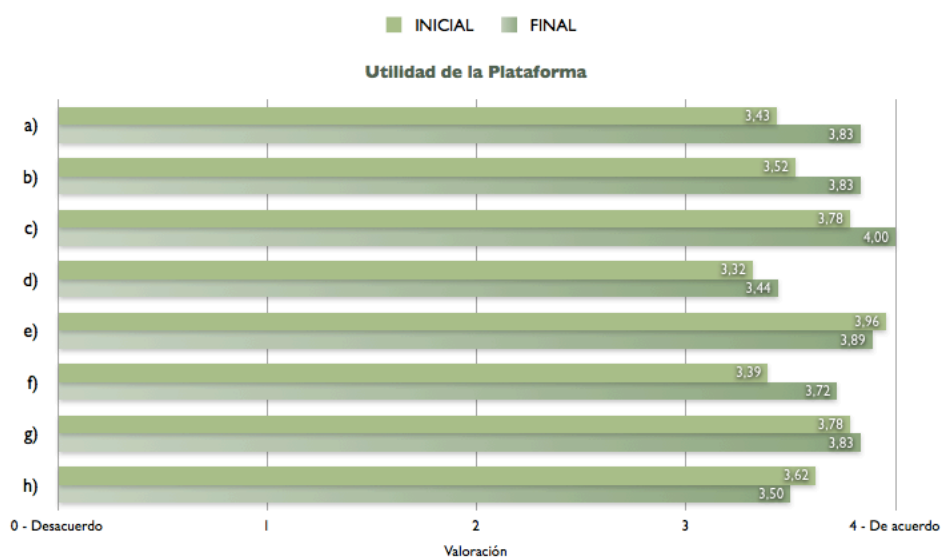


Figura 7-6 Percepción de la utilidad de la herramienta antes y después de su uso.

De este modo, en una evaluación inicial completada por 15 profesionales tras presentárseles la herramienta pero antes de que la usaran en su trabajo, los profesionales consultados mostraban unas expectativas muy altas acerca de la herramienta, obteniéndose en todos los casos valores por encima del 3 (en una escala de 0 a 4) para los 8 aspectos evaluados.

A pesar de las altas valoraciones obtenidas antes del uso, comparando estos resultados con la evaluación final observamos que en la valoración posterior al uso fue superior para el 80% de los docentes (12 de los 15 evaluados), igual en el 13,33% de los casos (2 de 15) y ligeramente inferior en el 6,67% (1 de 15).

7.4 Evaluación

En base a los resultados mostrados en el apartado anterior, podemos afirmar que el uso de la plataforma *Picaa* es **beneficioso** en su aplicación con alumnos con necesidades educativas especiales, confirmando la hipótesis H_1 .

Los análisis son positivos para las 5 competencias evaluadas, clasificadas como básicas en el sistema educativo español, concluyendo que la plataforma es **versátil** y útil para su **uso general** en educación.

Estos resultados han sido obtenidos a partir de la aplicación de la tecnología con una muestra diversa, con diferentes necesidades especiales, un amplio rango de edades y en diferentes fases del proceso educativo. Además, los resultados del análisis comparativo por género o diagnóstico revelan que la propuesta tiene ventajas para los individuos analizados independientemente de su género o diagnóstico. Todo esto dota de un carácter más **universal** a la plataforma.

De forma complementaria, los alumnos pertenecían a múltiples centros educativos (14) distribuidos por toda la geografía española, extendiendo la **generalidad** del estudio.

En cuanto a la hipótesis H_{1b} , los cuatro tipos de actividades fueron usados por un alto porcentaje de alumnos, casi todos, y con una alta frecuencia, mostrando que la **elección del repertorio** fue **adecuada** para el propósito perseguido.

En lo referente a la hipótesis H_2 , se ha demostrado que la valoración de los educadores es positiva: los resultados del pretest para educadores revelan unas altas expectativas iniciales hacia la utilidad de la plataforma y los resultados del postest indican que las **expectativas** fueron **cumplidas** e incluso superadas.

7.5 Uso independiente del estudio

Desde que la versión final de Picaa fue publicada en Mayo de 2010 y distribuida a través de la tienda de aplicaciones App Store, el uso de la herramienta se ha extendido por todo el mundo. La aplicación se distribuye de manera gratuita y con soporte para: español, inglés, gallego y árabe.

Los informes facilitados por Apple indican un total de más de 25.000 descargas, procediendo la mitad de Estados Unidos y aproximadamente una cuarta parte de España. La Tabla 7-5 detalla el número de descargas y actualizaciones pertenecientes a un período entre finales de 2011 y mediados de 2012 donde se publicaron varias actualizaciones del sistema. La Tabla 7-6 recoge los datos para un período similar un año después.

Tabla 7-5 Informe de Apple¹² sobre descargas y actualizaciones de la aplicación Picaa.

País	Descargas	Actualizaciones
EE.UU.	2,139	6,157
España	1,736	4,431
China	418	136
Méjico	287	449
Arabia Saudi	227	93
Canadá	154	234
UK	125	117
Australia	114	309
Otros países*	1,665	1,808

¹² Datos para el período de Nov. 2011 a May. 2012. (*) Otros países incluye: Chile, Argentina, Holanda, Hong Kong, Japón, República Checa y otros no especificados en el informe.

Tabla 7-6 Informe de Apple¹³ sobre descargas y actualizaciones de la aplicación Picaa.

País	Descargas	Actualizaciones
España	2,039	502
USA	1,070	833
Méjico	335	59
Argentina	158	42
UK	145	33
Chile	121	26
Canadá	106	36
Otros países*	1,171	242

Además, han sido muchos los usuarios que se han puesto en contacto con el proyecto vía email de países como Méjico, EE.UU., Argentina o Chile para interesarse por el proyecto y manifestarnos los beneficios que les está proporcionando la herramienta en su entorno.

7.6 Conclusiones

A la vista de los resultados del estudio y del uso que se hace de la plataforma por usuarios reales podemos concluir que *Picaa* es una excelente herramienta de apoyo al aprendizaje en Educación Especial ya que:

- El uso de dispositivos electrónicos y contenidos multimedia incrementan el interés de los alumnos por aprender.

¹³ Datos para el período de Dic. 2012 a May. 2013. (*) Otros países incluye: Australia, Arabia Saudi, Francia, Holanda, Suecia, Hong Kong, Japón, República Checa y otros no especificados en el informe.

- Los alumnos pueden aprender en cualquier momento y cualquier lugar gracias a la movilidad de los dispositivos.
- La herramienta ayuda a desarrollar competencias básicas, incluyendo actividades para trabajar en la percepción, atención, memoria, lectura, escritura, motricidad y razonamiento.
- Puede ser usada en diferentes áreas curriculares.
- Ayuda en la realización de adaptaciones curriculares.
- Es adaptable a cualquier metodología y estilo de aprendizaje ya que proporciona actividades genéricas que pueden ser adaptadas para diferentes finalidades.
- Los alumnos con necesidades especiales tienen la oportunidad de desarrollar tareas que previamente no eran accesibles para ellos, gracias a que la interfaz de usuario y los contenidos de las actividades han sido adaptados específicamente a ellos.
- La herramienta habilita que las actividades se ajusten para adaptarse al perfil de cada estudiante y su interacción, por ejemplo: formato de contenido que sea accesible (imagen, texto, sonido), la interacción con el contenido o el tamaño de la pantalla.

Referencias del capítulo

- [Bryk, 1977] Bryk, A.S. & Weisberg, H.I. (1977). Use of the non equivalent control group design when subjects are growing. *Psychological Bulletin*, 84, 5, pp. 950-962.
- [Cronbach, 1979] Cronbach, L. & Snow, R. (1979). *Aptitudes and instructional methods: a handbook for research on interactions*. New York: Irvinston.
- [De Miguel, 1986] De Miguel, A. (1986). «Líneas de investigación e Educación Especial» en pp. 62-85 de S. Molina (Dir.): *Enciclopedia Temática de Educación Especial* (tomo 1). Madrid: CEPE.

-
- [Dueñas, 1994] Dueñas, M.L. (1994). Métodos de diagnóstico e intervención educativa en la deficiencia mental. Madrid: UNED (col. Cuadernos no 135).
- [Dueñas, 2000] Dueñas, M.L. (2000). Evaluación de programas de atención a los niños con discapacidades. *Revista de Investigación Educativa*, Vol. 18, n.º 2, págs. 601-609.
- [Fernández, 2008] Fernández, J.M. (2008). La investigación en educación especial. Líneas temáticas y perspectivas de futuro. *Perfiles Educativos*, Vol. XXX, Núm. 119, pp. 7-32.
- [Fernández, 2012] Fernández, A. Rodríguez-Fórtiz, M.J., Rodríguez-Almendros M.L., Martínez-Segura, M.J. Mobile learning technology based on iOS devices to support students with special education needs, *Computers & Education*, Volume 61, February 2013, Pages 77-90, ISSN 0360-1315, 10.1016/j.compedu.2012.09.014.
- [Garanto, 1997] Garanto, J. (1997). Investigación y prospectiva en educación especial: el diagnóstico. *Educar*, vol. 21, pp. 85-103.
- [Kruskal & Wallis, 1952] William H. Kruskal and W. Allen Wallis. Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association* 47 (260): 583–621, December 1952.
- [Mann & Whitney, 1947] Mann, Henry B.; Whitney, Donald R. (1947). "On a Test of Whether one of Two Random Variables is Stochastically Larger than the Other". *Annals of Mathematical Statistics* 18 (1): 50–60.
- [McMillan, 2006] McMillan, J., & Schumacher, S. (2006). *Research in Education*. (6th ed.) Boston: Pearson Education.
- [McReynolds, 1982] McReynolds, L. & Kearns, K.P. (1982). *Single Subject Desings for Intervention Research in Comunicative Disorders*. Lancaster: MTP Press.

- [Peterson, 1994] Peterson, R. A. (1994), A Meta-analysis of Cronbach's Co-efficient Alpha, *Journal of Consumer Research*, 21 (September), 381–391.
- [Rodríguez, 2012] Rodríguez-Fórtiz M.J, Fernández Á , Rodríguez M.L , Martínez, M.J. Study on the use of an iOS mobile learning application for pupils with special educational needs. *European Conference on Educational Research*, Ecer 2012.
- [Sánchez-Palomino, 2000] Sánchez-Palomino, A. & Carrión, J. (2002), Una aproximación a la investigación en Educación Especial. *Revista de Educación*, núm. 327, pp. 225-247.
- [Schindele, 1985] Schindele, R.A. (1985). *Research Methodology in Special Education: A Framework Approach to Special Problems and Solutions*, pp. 3-24, Hegarty S. & Evans P. (Eds). *Research and Evaluation. Methods in Special Education*. Windsor: NFER-NELSON.
- [Shapiro, 1965] Shapiro, S. S. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 52 (3-4): pp. 591–611. doi:10.1093/biomet/52.3-4.591
- [Tourón, 2000] Tourón, J. (2000). Evaluación de programas para alumnos de alta capacidad: Algunos problemas metodológicos. *Revista de Investigación Educativa*, Vol. 18, n.º 2, págs. 565-585.
- [Wilcoxon, 1945] Wilcoxon, F. (1945) *Individual Comparisons by Ranking Methods*. *Biometrics* 1, 80-83.
- [Winner, 1971] Winner, B.J. (1971). *Statistical Principles in Experimental Designs*. New York: MacGraw Hill.

Conclusiones

8.1 Introducción

Existen varias definiciones de tesis, siendo una de las claras y sencillas la ofrecida por Wikipedia¹⁴:

*Una **tesis de investigación** es un informe que concierne a un problema o conjunto de problemas en un área definida de la ciencia y explica lo que se sabe de él previamente, lo que se haría para resolverlo, lo que sus resultados significan, y dónde o cómo se pueden proponer progresos, más allá del campo delimitado por el trabajo.*

Si atendemos a esta definición, podemos recapitular esta tesis en cuatro bloques que se describirán a continuación: a) problemática, b) propuesta y objetivos, c) resultados y d) trabajo futuro.

8.2 Problemática

En el ámbito de la educación de alumnos con NEE existen problemas no resueltos, algunos derivados de las particularidades de la Educación Especial y otros inherentes a los procesos de enseñanza actuales.

El uso de las TIC en el aula ha demostrado ser un medio para intentar resolver estos problemas, siendo muy efectivo para ayudar al aprendizaje. En las aulas de Educación

¹⁴ Wikipedia, artículo sobre tesis: [http://es.wikipedia.org/wiki/Tesis_\(investigación\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Tesis_(investigación))

Especial se hace imprescindible y muy útil gracias principalmente al soporte multimedia que se ofrece al alumno. No obstante, tras examinar el estado del arte respecto a esta cuestión se constató que existían algunos enfoques prometedores no explorados.

8.3 Propuesta y objetivos

Esta tesis ha descrito, desde un enfoque netamente práctico y de investigación aplicada, los procesos seguidos a nivel de investigación y desarrollo para conseguir crear un sistema de *Mobile learning* que se ajuste a las necesidades que alumnos con NEE y educadores tienen actualmente, esto es, en la segunda década del siglo XXI.

Con esta referencia cronológica se pretende remarcar el contexto en el que ha sido desarrollado todo este proceso, un momento de importantes innovaciones y cambios a nivel social y tecnológico: la era *post-PC*, la web social, el desarrollo de nuevos modelos de aprendizaje, etc. Y es en este escenario de cambio de paradigmas donde el área del diseño de software debe ofrecer nuevas propuestas que ofrezcan novedosas alternativas a los usuarios.

De este modo, con el objetivo de ayudar al desarrollo de habilidades cognitivas, sociales y afectivas y ofrecer un aprendizaje individualizado y cooperativo, se ha desarrollado la plataforma *Picaa*. Su principal contribución es que pone a disposición de los educadores las posibilidades que ofrece el paradigma de aprendizaje móvil para conseguir la personalización de actividades de aprendizaje para estudiantes con necesidades educativas especiales, tanto a nivel individual como colectivo. Esta adaptación es necesaria para que la aplicación sea usable y accesible, debido a las diferencias entre las necesidades, capacidades y niveles cognitivos de los alumnos.

8.3.1 Grado de consecución de objetivos

El trabajo presentado en esta tesis es el fruto de un proceso de análisis y diseño a partir de los requerimientos de aquellos sujetos implicados en la educación de personas con

necesidades especiales, incluyendo obviamente a éstas. Los objetivos fundamentales han sido: 1) entender la problemática de los usuarios, 2) mostrar las carencias de los sistemas existentes, 3) llevar a cabo una propuesta de diseño de plataforma, 4) obtener un software que integre todo lo anterior y 5) demostrar los beneficios educativos del software. Podemos describir con más detalle estos logros atendiendo a los objetivos marcados al comienzo de esta tesis:

- *Conocer las técnicas y metodologías de aprendizaje empleadas con alumnos con NEE.*

Tal y como recoge el Capítulo 1, se ha realizado un amplio estudio sobre las características de los alumnos con NEE y se ha realizado un acercamiento a las técnicas y estrategias educativas empleadas en Educación Especial.

- *Estudiar las posibilidades que las tecnologías brindan en este campo y analizar algunas de las herramientas educativas existentes, observando sus contenidos, los recursos utilizados y las actividades que proponen.*

Se ha investigado acerca de las posibilidades que las TIC aportan en el campo de la Educación Especial (Capítulo 2) realizando un profundo análisis sobre las herramientas educativas existentes: observando sus posibilidades, las actividades que proponen y los medios utilizados. Tras este análisis se ha constatado la necesidad de proponer nuevas herramientas y sistemas que suplan las carencias observadas.

- *Analizar las técnicas de accesibilidad para sistemas interactivos que puedan incorporarse al sistema para mejorar la interacción con el alumno. Se realizará un estudio sobre cómo adaptar el diseño de una aplicación para usuarios con NEE.*
- *Analizar las técnicas de usabilidad existentes con el fin de optimizar la interacción del educador con el sistema.*

En el Capítulo 3 se han analizado las principales técnicas de accesibilidad que puedan incorporarse para mejorar la interacción y adaptar el diseño del sistema a las necesidades de los usuarios. También se ha llevado a cabo un estudio acerca de la metodología de diseño más óptima para el desarrollo de sistemas orientados a personas con necesidades especiales, llegando a la conclusión de que una metodología ágil basada en el prototipado o con iteraciones cortas resulta adecuada para hacer un desarrollo centrado en el usuario ya que ayuda a que éste se implique más en el proceso. Por último, también se ha llevado a cabo un análisis del concepto de usabilidad con el fin de facilitar al educador la tarea de crear y personalizar las actividades.

- *Investigar qué tipos de actividades didácticas serán las más óptimas para los usuarios a los que van destinadas, así como identificar tanto las características comunes de adaptación como los parámetros de configuración y personalización.*

Se ha investigado qué tipos de unidades didácticas pueden cubrir mejor las necesidades de los usuarios. Como resultado de este trabajo en el Capítulo 5 se ha presentado un repertorio formado por cinco tipos de actividades didácticas. Además, se han identificado tanto las características comunes de adaptación (perfil de usuario) como los parámetros de configuración y personalización de las actividades.

- *Realizar un estudio sobre las técnicas de aprendizaje colaborativo, su viabilidad en el ámbito de la Educación Especial y sus posibles beneficios.*

En el primer capítulo se han mostrado algunas experiencias de socialización a través de trabajo en grupo en Educación Especial. Además, en el Capítulo 2 se ha profundizado en los conceptos más importantes del aprendizaje cooperativo y su adaptación para personas con necesidades especiales.

- *Estudiar las tecnologías y paradigmas de comunicación existentes para dotar a las aplicaciones de la conectividad necesaria para que se pueden emplear en grupo.*

En el Capítulo 6 se ha descrito la tecnología empleada para facilitar el trabajo cooperativo entre los usuarios y se ha comentado cómo se ha dotado a la plataforma de los mecanismos de comunicación y coordinación necesarios para poder llevar a cabo el trabajo en grupo.

- *Estudiar los dispositivos móviles del mercado con el fin de seleccionar los más óptimos para la desarrollo del sistema. Se hará especial énfasis en los sistemas táctiles, analizando la familia de dispositivos iOS de Apple, la plataforma Android y los smartphones basados en Windows Phone.*

A lo largo del Capítulo 4 se han descrito las características particulares del desarrollo para sistemas móviles y se ha llevado a cabo una comparativa de los dispositivos móviles del mercado centrada principalmente en los sistemas táctiles y analizando diversos aspectos: capacidades de interacción, conectividad, desarrollo, etc. Tras elegir la familia de dispositivos iOS de Apple debido a las ventajas que aportaba respecto a otras plataformas y enumeradas en el Capítulo 4, se ha realizado un estudio a fondo de sus características y de los procesos necesarios para desarrollar aplicaciones sobre estos sistemas.

- *Diseñar una plataforma en la que se puedan crear sistemas de aprendizaje basados en actividades didácticas, individuales y en grupo.*

En el Capítulo 5 se ha presentado el diseño de una plataforma que pretende cubrir todas las necesidades descritas en este trabajo. Para ello se ha utilizado MDA, diseño centrado en el usuario con prototipado y UML como lenguaje de modelado.

Como ya hemos visto, la plataforma incorpora actividades que se pueden emplear para trabajar el desarrollo del lenguaje y la comunicación o bien como herramienta de apoyo al aprendizaje, ya sea individual o en grupo. Además, se

trata de un sistema que incluye toda la funcionalidad necesaria en un dispositivo móvil, aportando movilidad y autonomía.

- *Implementar la plataforma siguiendo un proceso de desarrollo iterativo e incorporando en el diseño a profesionales del ámbito de la Educación Especial.*

Como resultado del diseño presentado en el Capítulo 5, a lo largo del Capítulo 6 se describe la aplicación implementada, exponiendo sus características más importantes.

- *Probar el sistema en situaciones reales en centros de Educación Especial y/o aulas específicas de centros ordinarios y realizar un trabajo de campo que sirva para evaluar y refinar la plataforma.*

Por último, se ha probado la aplicación en entornos reales, concretamente en 14 centros españoles con alumnado con NEE. Dicha experiencia ha servido para evaluar y refinar la plataforma, realizándose un estudio con la participación de 39 alumnos con características muy diversas (a nivel de edad, nivel de estudios, trastornos, etc.) y obteniendo resultados positivos en forma de mejora en el desarrollo de competencias.

8.4 Resultados

Como parte del trabajo de campo de esta tesis se ha puesto a disposición de cualquiera interesado una aplicación gratuita que puede servir como herramienta de apoyo en el aula. Un producto totalmente funcional y autónomo que, tras varios años de desarrollo y refinamiento, se encuentra totalmente asentado en el competitivo mercado de las *apps* móviles hasta el punto de haberse convertido en una de las herramientas de referencia en Educación Especial.

El sistema obtenido se ha probado en situaciones reales, con alumnado y profesorado diverso. Se ha diseñado un estudio para evaluar los resultados del empleo de la

herramienta y tras analizar los mismos se ha concluido que podemos asociar el uso del sistema con ciertas mejoras en el desarrollo de competencias básicas por parte de los alumnos.

Así, una de las contribuciones de este trabajo de investigación es que puede ser empleado como una guía que muestre el proceso de I+D+i llevado a cabo para obtener un producto de calidad, útil y beneficioso para el ámbito de la Educación Especial. Los resultados del proyecto avalan estas afirmaciones, por lo que este trabajo puede ser usado como punto de partida para emprender otros proyectos relacionados que tengan como objetivo innovar en el uso de TIC en educación y, al igual que en otras ocasiones, romper barreras que dificulten el progreso de determinadas personas.

Es importante remarcar que para el desarrollo de este proceso se ha contado con la inestimable colaboración de profesionales de Educación Especial de centros de Granada, Sevilla, Murcia, Madrid, Valencia y Galicia. Todos estos profesionales han permitido hacer una especificación de requisitos de calidad y han participado en la evaluación del uso de la herramienta desde el primer prototipo.

Por último fruto de esta investigación existe un gran número de publicaciones en congresos y revistas tanto nacionales como internacionales que reflejan el trabajo realizado (ver Apéndice I: Publicaciones científicas). Este trabajo también ha sido respaldado con diferentes premios y reconocimientos (ver Apéndice II: Premios y reconocimientos).

8.5 Trabajo futuro

Aunque con esta memoria concluye esta tesis doctoral, el trabajo realizado no acaba aquí, sino que más bien puede decirse que acaba de empezar, concibiéndose como una *declaración de intenciones*.

Todo lo aprendido y aplicado en esta investigación debe ser empleado para participar en otros proyectos que creen nuevos y más innovadores sistemas de aprendizaje que ofrezcan cada vez mejores experiencias al usuario. No en vano, el desarrollo de tecnologías asistivas y sistemas móviles de aprendizaje forman parte de las líneas de trabajo habituales del Grupo de Investigación MYDASS¹⁵ y la empresa de base tecnológica Everyware Technologies¹⁶ (ver Figura 8-1), siendo el autor de este trabajo miembro y cofundador de ambas entidades.

A este respecto, es importante destacar que la Universidad de Granada, a través de un contrato de transferencia tecnológica, ha transferido el desarrollo y mantenimiento de la plataforma Picaa a la spin-off Everyware Technologies.



Figura 8-1 Empresa Everyware Technologies, spin-off de la Universidad de Granada.

Además, a comienzos de 2013 el autor de este trabajo fue seleccionado por Apple como Apple Distinguished Educator (ver Figura 8-2) como reconocimiento por su labor como docente e investigador de la Universidad de Granada desarrollando el uso de tecnologías de Apple en las aulas.



Figura 8-2 Logotipo de los ADE (Apple Distinguished Educators).

¹⁵ Grupo: Modelling & Development of Advanced Software Systems, MYDASS (TIC230)

¹⁶ Empresa de Base Tecnológica Everyware Technologies: www.everywaretech.es

-

En palabras de Apple “El programa Apple Distinguished Educators (ADE) se creó en 1994 para reconocer el trabajo de docentes pioneros que están transformando el proceso de enseñanza y aprendizaje en educación primaria, secundaria y superior con los productos de Apple. En la actualidad lo forman más de 2.000 líderes y educadores con visión de futuro y espíritu innovador que hacen cosas increíbles con la tecnología dentro y fuera del aula”.

De este modo, desde este nuevo escenario y con soporte proporcionado por la spin-off Everyware Technologies y Apple se está trabajando en un proyecto de ampliación incluyendo mejoras y nuevas funcionalidades e incorporando a nuevos centros educativos para coordinar estudios de implantación de la tecnología en las aulas.

Por tanto, como parte de este trabajo a partir de este momento comienza una fase de mantenimiento del sistema y un proceso de refinamiento del proyecto en base a la retroalimentación en forma de ideas y consejos que constantemente proporcionan los educadores tras su uso. Este proceso iterativo debe producir una evolución del sistema que esperemos desemboque en una mejor calidad en la educación de los alumnos.

Conjuntamente con dicha evolución, deberán estudiarse posibles ampliaciones o mejoras de los sistemas de aprendizaje, atendiendo a aspectos no planteados en este trabajo o a nuevos paradigmas que puedan aparecer.

En este sentido, podemos señalar varias líneas de trabajo futuro que permitirían evolucionar los sistemas de *mobile learning*: 1) la inclusión de nuevos tipos de actividades, 2) la incorporación de mecanismos de evaluación y auto-adaptación del software y 3) la integración con sistemas de *Cloud computing*.

8.5.1 Nuevas actividades

Durante el proceso de investigación siempre se ha tenido en mente que el sistema debía ser diseñado, tanto a nivel de arquitectura software como de interfaz de usuario, de forma que estuviera preparado para desarrollar nuevos tipos de actividades didácticas.

Esta flexibilidad ya quedó patente en el desarrollo del sistema Picaa, que evolucionó desde un repertorio inicial de 3 tipos de actividades hasta los 5 tipos actuales.

Una posible ampliación del sistema consistiría en incluir actividades de lectoescritura. Este tipo de ejercicios están orientados a desarrollar en el alumno las capacidades relacionadas con la lectura y la escritura, incorporando ejercicios donde tenga que trazar, en base a una plantilla, letras, palabras o frases. En relación con este tipo de actividades será necesario desarrollar funcionalidades extra tales como reconocimiento de trazos y de habla.

Otro objetivo puede ser enriquecer la propuesta actual de actividades, añadiendo nuevas posibilidades de personalización que permitan llevar a cabo un proceso de enseñanza aún más ajustado a las necesidades del alumno.

También es necesario explorar otras capacidades de aprendizaje en grupo, innovando con nuevas alternativas de cooperación. Este trabajo supone una primera aproximación en el diseño de herramientas para el aprendizaje cooperativo en Educación Especial, pero aún queda mucho camino por recorrer en este campo, siendo necesario profundizar en el uso de metodologías específicas para el análisis, diseño y desarrollo de sistemas cooperativos, con el objetivo de modelar la cooperación en sistemas de *mobile learning* para apoyo en el campo de las necesidades educativas especiales.

8.5.2 Sistema de evaluación

Respecto al primero de los puntos, la evaluación del uso que hace el alumno de las actividades ha sido una de las funciones que no han podido ser implementadas en el

sistema. Sin embargo, su utilidad es clara y su potencial inmenso, por lo que a continuación proponemos algunas aplicaciones:

Utilidad como sistema de supervisión y recomendación

La aportación de informes de uso al educador, señalando puntos clave donde el alumno presenta dificultades, de modo que el profesional pueda ir adaptando las actividades a la evolución del alumno.

Utilidad como sistema de evaluación y validación

Esta aplicación del sistema de evaluación se centraría más en analizar la evolución del alumno a medida que usa la herramienta, comparando sus resultados a lo largo del tiempo o frente a otros compañeros. Estos análisis comparativos podrían servir como medio de validación de la herramienta y/o mecanismo de seguimiento del alumno.

Utilidad como sistema proactivo y evolutivo

Uno de los mayores potenciales de los sistemas de aprendizaje adaptables es su capacidad para transformarse en sistemas adaptativos. Éstos podrían introducir cambios en los contenidos de forma proactiva, esto es, sin necesidad de la interacción o solicitud por parte del educador.

De este modo la adaptación al usuario podría tener lugar en tiempo real y sin interrupción de las sesiones de trabajo, produciéndose así una evolución del sistema de aprendizaje del alumno.

8.5.3 Integración con sistemas de *Cloud computing*

La computación en la nube o *Cloud computing* se espera que sea uno de los más importantes avances en el desarrollo de sistemas en un (no tan lejano) futuro. Se trata de

un nuevo concepto consistente en ofrecer servicios de computación y almacenamiento a través de Internet (Figura 8-3).

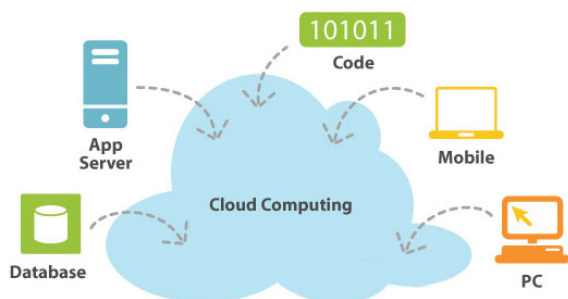


Figura 8-3 Conceptualización del *Cloud computing*.

El desarrollo de sistema de aprendizaje basado en tecnologías móviles debe tener en cuenta este nuevo paradigma para ofrecer nuevas funciones que ayuden a mejorar la calidad de los procesos de enseñanza en las aulas.

La incorporación de las actividades a la nube, facilitando la sincronización de contenidos entre diferentes dispositivos puede ser un primer paso.

Una vez conseguido este objetivo se podría apostar por propuestas que fomentaran la creación de comunidades que habilitaran a los educadores para compartir los materiales didácticos creados, recursos de cualquier tipo (imágenes, pictogramas), e intercambiar opiniones e ideas. Esta implicación de los profesionales junto con el intercambio de experiencias dotarían al sistema de una importante componente social que enriquecería el sistema en su conjunto.

Apéndice I: Publicaciones científicas

A continuación se enumeran los artículos relacionados con la investigación descrita en esta tesis:

[2012]

1. Fernández, A. Rodríguez-Fórtiz, M.J., Rodríguez-Almendros M.L., Martínez-Segura, M.J. Mobile learning technology based on iOS devices to support students with special education needs, *Computers & Education*, Volume 61, February 2013, Pages 77-90, ISSN 0360-1315, 10.1016/j.compedu.2012.09.014.
2. Rodríguez-Fórtiz M.J, Fernández Á., Rodríguez M.L. , Martínez, M.J. Study on the use of an iOS mobile learning application for pupils with special educational needs. *European Conference on Educational Research*, Ecer 2012.
3. Rodríguez-Domínguez, C., Caracuel, A., Santiago-Ramajo, S., Rodríguez-Fórtiz, M.J., Hurtado, M.V., Fernández-López, Á. Plataforma Virtual de apoyo al Envejecimiento Activo. *Interacción* 2012.
4. Tecnoneet 2012. Aplicación SÍGUEME. Estimulación para autismo de bajo nivel de funcionamiento. Toma de contacto para evaluar la captación de atención.
5. Rodríguez-Fórtiz M.J, Fernández Á., Rodríguez M.L. , Martínez, M.J. Picaa: iOS Mobile Learning Platform to Support Students with Autism. 1st International Conference "Technologies for Autism: Tools, Trends and Testimonials", ITASD. July, 2012.Valencia.

[2011]

6. Rodríguez-Fórtiz M.J, Fernández Á. , Rodríguez M.L. (2011). *Mobile Communication and Learning Applications for Autistic People*, Autism Spectrum Disorders - From Genes to Environment, Tim Williams (Ed.), ISBN: 978-953-307-558-7, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/articles/show/title/mobile-communication-and-learning-applications-for-autistic-people>
7. M.J. Rodríguez-Fórtiz, M.L. Rodríguez, M.V. Hurtado, A. Caracuel, S. Ramajo, E. Trigueros, A. López, I. Rubio, A. Fernández. *Análisis de la usabilidad en un programa de estimulación cognitiva para mayores*. Actas del XII Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador Interacción 2011, pp. 1-10. ISBN: 978-84-9281-234-9
8. Fernández, Á., Rodríguez, M.J., Rodríguez, M.L.: *Sistema de Mobile Learning con Capacidades Colaborativas para Alumnos con Necesidades Especiales*. Actas del XII Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador Interacción 2011, pp. 1-10. ISBN: 978-84-9281-234-9

[2010]

9. Fernández López, A; Rodríguez Fórtiz, M.J. (2010) *Dispositivos móviles iPod touch y iPad para Aprendizaje en Educación Especial*. En Arnaiz, P.; Hurtado, Ma.D. y Soto, F.J. (Coords.) *25 Años de Integración Escolar en España: Tecnología e Inclusión en el ámbito educativo, laboral y comunitario*. Murcia: Consejería de Educación, Formación y Empleo.
10. Roldán, L.; Fernández, A.; Caracuel, A.; Cruz, F. y Pérez, M. (2010) *Sistema adaptable de screening para la detección de TDAH y otros trastornos en escolares*. En Arnaiz, P.; Hurtado, Ma.D. y Soto, F.J. (Coords.) *25 Años de Integración Escolar en España: Tecnología e Inclusión en el ámbito educativo, laboral y comunitario*. Murcia: Consejería de Educación, Formación y Empleo.
11. Fernández, Á. P. ICIAA: Uso del Iphone y del Ipad para diseño de actividades en educación especial. X Semana de la Ciencia de Andalucía (2010).
12. Fernández, Á. *Juegos, y una plataforma de aprendizaje móvil- P. ICIAA*. Learning Review España, Informe Especial "Modalidades Alternativas de Formación Online", Edición nº 11, Jul. 2010. ISSN 1669-919X

13. Rodríguez, C., Fernández, Á., Alcalá, J., Rodríguez, M.J., Vilar J.M.: *Una propuesta de diseño para la integración e interoperabilidad de aplicaciones para personas con necesidades especiales*. XI Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Septiembre 2010, Valencia, España.
14. Fernández, Á., Rodríguez-Fórtiz, M.J., Rodríguez, M.L.: *Plataforma Móvil de Apoyo al Aprendizaje en Educación Especial*. Revista Educação, Formação & Tecnologias, ISSN 1646-933X, Nº Extra 1, 2010, pp. 14-23.
15. Fernández, A., Rodríguez, M.J., Gómez, M., Pérez, A., Soto, F.J., Ivars, E., Rodríguez, M.L.: *Soporte a la comunicación total-habla signada y al aprendizaje cooperativo para alumnado con necesidades educativas especiales*. ISAAC 2010: 14th Biennial Conference of International Society for Augmentative and Alternative Communication, Barcelona, 2010.
16. Fernández, A., Rodríguez-Fórtiz, M.J., Rodríguez, M.L.: *Pica: Plataforma de ayuda al educador para el diseño de actividades didácticas adaptadas a personas con NEE* Puentes para la Comunicación Interpersonal. Los sistemas aumentativos de comunicación en la escuela. ISBN: 978-84-692-8276-2.

[2009]

17. Fernández, A., Rodríguez-Fórtiz, M. J., Noguera, M.: *Designing and Supporting Cooperative and Ubiquitous Learning Systems for People with Special Needs*. OTM 2009 Workshops. LNCS 5872, 423-432, Springer, Berlin, 2009.
18. Fernández, A.; Rodríguez, C.; Rodríguez, M.J. *Diseño de una Plataforma Móvil de Apoyo al Aprendizaje Cooperativo en Educación Especial*. Actas del X Congreso Interacción Persona-Ordenador. Barcelona (2009).
19. Fernández, A.; Rodríguez, M.J.; Rodríguez, M.L. *Plataforma Móvil de Apoyo al Aprendizaje en Educación Especial*. XI Simposio Internacional de Informática Educativa (SIIIE). Coimbra, Portugal (2009).

20. Rodríguez, M.J.; Fernández, A.; Entrena M.; Espejo S.; Carrillo A. *Accesibilidad para Parálisis Cerebral en las aplicaciones Sc@ut y PICA*. Nuevas tecnologías aplicadas a la Parálisis Cerebral, Madrid, 2009.
21. Fernández, A.; Rodríguez, M.J.; Bermúdez, M.; Noguera, M.: *Improving the Cooperative Learning of People with Special Needs: A Sc@ut Platform Extension*. Conference on Multimedia and Information and Communication Technologies in Education, M-ICTE2009. RESEARCH, REFLECTIONS AND INNOVATIONS IN INTEGRATING ICT IN EDUCATION. Ed. FORMATEX (Badajoz, 2009).
22. Rodríguez, M.J.; Fernández, A.; Entrena M.; Pérez A.; Martínez M.C.; Barragán L, López F.J.; Jäkel D.M. *Experiencia con la plataforma SC@UT y la Comunicación Total en la Fundación Purísima Concepción de Granada*. ESAAC, Zaragoza, 2009.
23. Rodríguez M.J., González J.L., Fernández A., Entrena M., Hornos M.J., Pérez A., Carrillo A., Barragán L.: *Sc@ut: developing adapted communicators for special education*. (2009) *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 1 (1), pp. 1348-1352.
24. Fernández, A.; Roldán, L.M.; González, J.L.; Rodríguez, M.J.; Hurtado, M.V.; Medina, N.: *Generador Sc@ut: Sistema de Creación de Comunicadores Personalizados para la Integración*. IEEE-RITA - Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje. ISSN: 1932-8540, Vol. 5, Num.1. 2009, 8 pp.
25. Espejo, S.; Carrillo, A.; Fernández, A.; Rodríguez, M.J.: *Estudio sobre el Uso del Sistema de Comunicación Aumentativo y Alternativo Sc@ut*. PORTULARIA: REVISTA DE TRABAJO SOCIAL ISSN: 1578-0236. Huelva. Vol. 9, 2009.

[2008]

26. Entrena, M.; González, J.L.; Fernández, A.; Cabrera, M.: *Sc@utDS: Demostración Técnica*. II SIMPOSIO EN DESARROLLO DE SOFTWARE. Eds. Holgado Terriza, J.A, Hornos Barranco, M.J., López-Cózar Delgado R. Granada, 2008. pp. 331-334. ISBN: 978-84-96856-71-4.
27. Fernández, A.; Roldán, L.M.; González, J.L.; Rodríguez, M.J.; Hurtado, M.V.; Medina, N.: *Generador Sc@ut: Sistema de Creación de Comunicadores Personalizados para la Integración*.

SIIE 2008: X SIMPOSIO INTERNACIONAL DE INFORMÁTICA. Ed. Universidad de Salamanca Salamanca, 2008.

28. González, J.L.; Entrena, M.; Fernández, A.; Cabrera, M.; Barragán, L.M.; Martínez, M.C.; Rodríguez, M.J.: *Sc@ut DS: Soporte para el Aprendizaje Comunicativo usando una Plataforma de Ocio Electrónico*. LA IGUALDAD DE OPORTUNIDADES EN EL MUNDO DIGITAL, TECNONEET 2008. Ed. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena, 2008. pp. 429-437.
29. Fernández, A.; Roldán, L.M.; González, J.L.; Rodríguez, M.J.: *Sc@ut: Plataforma de Personalización de Comunicadores para Personas con Necesidades Educativas Especiales*. LAS TIC, PUENTE ENTRE CULTURAS. IBEROAMÉRICA Y EUROPA. Nino Ediciones (Santiago de Compostela, España, 2008), pp. 1464-1475.
30. Fernández, A.; Roldán, L.M.; González, J.L.; Entrena, M.; Rodríguez, M.J.: *Generador Sc@ut: Sistema de Creación y Personalización de Comunicadores Adaptativos*. II SIMPOSIO EN DESARROLLO DE SOFTWARE. Eds. Holgado Terriza, J.A, Hornos Barranco, M.J., López-Cózar Delgado R. Granada, 2008. pp. 73-88.
31. Entrena, M.; González, J.L.; Fernández, A.; Cabrera, M.: *Sc@utDS: Uso de una Plataforma de Videojuegos para la Ayuda a la Comunicación*. II SIMPOSIO EN DESARROLLO DE SOFTWARE. Eds. Holgado Terriza, J.A, Hornos Barranco, M.J., López-Cózar Delgado R. Granada, 2008. pp. 27-42.
32. Fernández, A.; Roldán, L.M.; González, J.L.; Entrena, M.; Rodríguez, M.J.: *Diseñando Comunicadores Personalizados con Generador Sc@ut*. II SIMPOSIO EN DESARROLLO DE SOFTWARE. Eds. Holgado Terriza, J.A, Hornos Barranco, M.J., López-Cózar Delgado R. Granada, 2008. pp. 339-342.

Apéndice II: Premios y reconocimientos

A continuación se enumeran los premios y reconocimientos relacionados con la investigación descrita en esta tesis.

[2013]

Distinción como Apple Distinguished Educator, Class of 2013.

Más información en: <http://www.apple.com/education/ade>

[2011]

Accésit del Premio Campus Party Milenio de Innovación por el proyecto Picaa, durante la edición celebrada en la Feria de Muestras de Armilla (Granada) del 12 al 16 de octubre de 2011.

Mención especial en III Premios a la Innovación TIC11 de Escuelas Católicas

Participación en proyecto "Uso del dispositivo IPAD y aplicación PICA A" de la Fundación Purísima Concepción de Granada.

[2009]

Premio Granada Joven 2009 – Modalidad "Universidad" al Proyecto Sc@ut.

Otorgado por el Instituto Andaluz de la Juventud. Junta de Andalucía.

Accésit al premio "Mejor Proyecto Fin de Carrera" a nivel nacional.

Otorgado por el CESEI (Capítulo Español de la Sociedad de Educación del IEEE).

