
CAPÍTULO 2:

Estado del Arte

Hoy en día, una gran cantidad de usuarios utilizan Internet de forma frecuente para completar su formación, interactuando en la mayoría de las ocasiones de forma individual aprendiendo a su propio ritmo.

La información almacenada en los recursos y materiales educativos colgados en la red es muy heterogénea. Por este motivo, no toda la información es adecuada para todo el mundo, ya que cada persona tiene unas necesidades, intereses, preferencias y objetivos propios. Con el objetivo de adaptar la información a cada usuario y realizar recomendaciones apropiadas surgió la “Hipermedia Adaptativa”.

Por otro lado, Internet permite la comunicación e interacción entre usuarios situados en diferentes lugares. En este sentido, Internet no sólo es un repositorio de información sino un mecanismo capaz de conectar personas [Laister02]. Además, la realización de actividades colaborativas contribuye al desarrollo de habilidades personales [Barros98] y sociales [Johnson84]. Con este objetivo surgieron distintos sistemas y aplicaciones que facilitaban la colaboración en entornos a los cuales los usuarios accedían a través de Internet. Sin embargo, la interacción de los usuarios en entornos colaborativos web es muy distinta de la colaboración en el aprendizaje presencial. Los usuarios que se conectan a través de la red deben adaptar su interacción a las características y capacidades de las herramientas disponibles.

Por último, gracias a la disponibilidad de las tecnologías inalámbricas y a los dispositivos móviles, los usuarios pueden conectarse a Internet desde cualquier lugar en cualquier instante de tiempo. En este sentido, la realización de determinadas actividades a través de dispositivos móviles puede verse influenciada por el contexto del usuario y por las características del propio dispositivo.

A lo largo de este capítulo, con el objetivo de poner en contexto el trabajo realizado, se presentarán las bases de la “Hipermedia Adaptativa”, cómo modelar los rasgos de adaptación de los usuarios, distintos métodos y técnicas de adaptación, cómo diseñar y evaluar sistemas hipermedia adaptativos y algunos ejemplos de este tipo de sistemas desarrollados hasta la actualidad. Como un caso particular de los sistemas hipermedia adaptativos, se presentarán las principales características de los sistemas de recomendación junto con una recopilación de ejemplos de estos sistemas. A continuación, se mostrarán los beneficios de la inclusión de técnicas de aprendizaje colaborativo y cooperativo dentro de entornos de enseñanza en línea, sus características principales, cómo realizar la formación

de grupos de trabajo, qué aspectos considerar a la hora de modelar los grupos con el objetivo de adaptar las actividades colaborativas a los usuarios y grupos, y por último, algunos ejemplos de sistemas colaborativos. Por último, se presentarán las características de nuevos entornos adaptativos y/o colaborativos donde los usuarios pueden utilizar no sólo ordenadores personales sino también dispositivos móviles.

2.1. Adaptación

Es un hecho que no todos los usuarios tienen las mismas características, necesidades, preferencias u objetivos. Los estudiantes con menos experiencia en el uso de Internet pueden sentirse desorientados o sobrecargados por la gran cantidad de información que se les ofrece. Aspectos como el estilo de aprendizaje [Felder96], la personalidad [Costa89] o la inteligencia [Thurstone38] pueden influenciar en la manera que los usuarios interactúan con la información y determinar sus necesidades educativas. Por tanto es conveniente tener en cuenta las diferentes características de los usuarios para adaptar la información ofrecida, tanto los contenidos como la navegación a través de los mismos, a cada persona en función de estos y otros aspectos relevantes. Este es el principal objetivo de la “**Hipermedia Adaptativa**” (AH).

Brusilovsky identificó seis áreas distintas de aplicación dentro de la “Hipermedia Adaptativa” [Brusilovsky98a]: sistemas de información en línea, sistemas de ayuda en línea, sistemas de recuperación de datos basados en hipermedia, sistemas de información institucional, sistemas para gestionar vistas personalizadas; y por último, sistemas educativos. Estas áreas son similares y comparten los mismos problemas, aunque se diferencian en los rasgos que utilizan para realizar la adaptación.

Los **sistemas de información en línea adaptativos** abarcan desde la documentación disponible en Internet hasta las enciclopedias electrónicas y tienen como objetivo suministrar acceso a la información a usuarios con distintos niveles de conocimiento sobre el tema en cuestión. Cada nodo del hiperespacio normalmente representa un concepto del tema y contiene varias páginas de información. Los usuarios pueden tener distintos objetivos, conocimientos previos y preferencias, por lo que surge la necesidad de suministrar acceso a distintos tipos de información relacionada con un mismo concepto y con distintos niveles de detalle en función de las características del usuario. Cuando el hiperespacio es grande, los usuarios necesitan ayuda para navegar y encontrar la información que les resulta relevante.

Los **sistemas de ayuda en línea** permiten acceder a información relacionada con aplicaciones concretas, suministrando una ayuda para la utilización de dichas aplicaciones. Estos sistemas están directamente asociados a la aplicación sobre la cual proporcionan la

ayuda, por lo que el hiperespacio está relativamente acotado. El objetivo sigue siendo suministrar información distinta a cada usuario, pero en este caso el sistema conoce el contexto desde el cual el usuario solicitó la ayuda, lo cual constituye una fuente de información que será utilizada por el sistema para determinar el objetivo del usuario y ofrecerle la ayuda más apropiada.

Los **sistemas de recuperación de datos** combinan técnicas tradicionales de recuperación de la información con la posibilidad de acceso a la información en forma de hipertexto. El acceso a los documentos se realiza a través de un índice de términos y se ofrece la posibilidad de navegar entre los documentos relacionados a través de enlaces. Este tipo de sistemas ayudan a limitar las opciones de navegación sugiriendo los enlaces más relevantes para cada usuario.

Los **sistemas de información institucional** facilitan la información necesaria para dar soporte al trabajo diario de los usuarios de una institución. Los empleados utilizarán un determinado conjunto de información en función de la labor que desempeñen dentro de la institución. Estos sistemas utilizan técnicas de adaptación para limitar el espacio de trabajo con el objetivo de impedir que los usuarios puedan distraerse en su trabajo y que los empleados nuevos se desorienten al buscar información.

Los **sistemas para gestionar vistas personalizadas** permiten a los usuarios definir vistas personalizadas de todo el hiperespacio. Con el objetivo de facilitar el trabajo a los usuarios, las vistas personalizadas son capaces tanto de buscar elementos nuevos relevantes como de identificar los documentos que han cambiado o han sido eliminados.

Por último, los **sistemas educativos** tienen como objetivo principal guiar personalmente a los estudiantes durante su proceso de aprendizaje adaptando los contenidos y la guía de navegación ofrecida entre los mismos a las características personales y necesidades de cada usuario [Brusilovsky01].

2.1.1. Modelo de usuario

Con el objetivo de dar soporte a la adaptación dentro de entornos accesibles a través de Internet, se debe gestionar información sobre los usuarios. Los datos de los usuarios, como sus características personales, preferencias, necesidades o contexto, pueden ser considerados para seleccionar las actividades más adecuadas, contenidos y guía facilitada a los usuarios en diferentes situaciones. Esta información se almacena en el modelo de usuario (UM) y debe actualizarse apropiadamente para poder utilizarse con fines adaptativos [Kobsa07].

En [Brusilovsky01] se presenta una primera clasificación sobre los rasgos de adaptación utilizados en los sistemas hipermedia adaptativos educativos para adecuar tanto los contenidos presentados como la presentación de los mismos. Esta clasificación divide los rasgos de adaptación en dos conjuntos: datos de los usuarios y características del dispositivo utilizado para el aprendizaje. Los datos de los usuarios pueden clasificarse a su vez en dos grupos: rasgos personales del usuario (edad, conocimiento, estilo de aprendizaje, intereses, objetivos, experiencia previa, etc.) y datos de uso (interacción del usuario con el sistema) [Kobsa99]. El conjunto de las características personales puede contener cualquier característica estática de los usuarios que no varíe al menos en un periodo corto de tiempo como por ejemplo la edad de nacimiento del usuario o su idioma. La adaptación a las características de los dispositivos se refiere al tipo de contenidos que soporta cada uno de los dispositivos y que se encuentra determinado por su propio software y hardware junto con las características de los usuarios.

Posteriormente, Brusilovsky presentó un listado con los rasgos de adaptación más populares modelados dentro de diferentes tipos de sistemas adaptativos como son el conocimiento del usuario, sus intereses y objetivos, la experiencia previa, los rasgos personales que identifican a cada individuo y el contexto de trabajo [Brusilovsky07]. A continuación se detalla cada uno de ellos:

- El **nivel de conocimientos** del usuario se utiliza para proveer explicaciones y actividades de aprendizaje adecuadas a cada tipo de alumno. Normalmente este rasgo se representa mediante una estimación del nivel de conocimiento del usuario en algunos conceptos.
- Los **intereses** de los usuarios constituyen la parte más importante del perfil del usuario en sistemas adaptativos encargados de recuperar o filtrar información que tratan con grandes volúmenes de datos. Este rasgo de adaptación se utiliza también en los modelos de usuario de los sistemas de recomendación. En los primeros sistemas adaptativos en línea relacionados con la educación, no se prestaba atención a los intereses de los usuarios, centrándose sobre todo en los objetivos de aprendizaje. Además, los sistemas hipermedia adaptativos que no estaban relacionados con la educación no manejaban un volumen suficiente de información para considerar relevante estas características dentro del proceso de adaptación. Esta situación ha empezado a cambiar en los últimos años, debido al rápido crecimiento del volumen de información que gestionan determinados sistemas y al crecimiento de la popularidad de nuevos tipos de sistemas hipermedia adaptativos orientados a la información. Este fenómeno ha dado lugar a que los intereses de los usuarios compitan junto al nivel de conocimiento de los estudiantes dentro de los sistemas adaptativos educativos como rasgo más relevante.
- Los **objetivos** de los usuarios están relacionados con su contexto y pueden estar relacionados con el trabajo, la búsqueda de información o la realización de actividades

de aprendizaje. Estos objetivos pueden variar a lo largo del tiempo y los sistemas hipermedia adaptativos deben conocerlos para poder satisfacerlos.

- La **experiencia previa** del usuario dentro del núcleo del dominio es otro de los rasgos que se puede tener en cuenta en los modelos de usuario de los sistemas adaptativos. Por ejemplo, el núcleo del dominio de una guía de una ciudad es tanto la ciudad específica en sí como sus objetos de interés.
- Dentro de los **rasgos personales** de los usuarios, se encuentran características relacionadas con su personalidad (p.e. introvertido – extrovertido), estilos cognitivos (p.e. si los alumnos prefieren tener una primera visión global de la información antes de ver paso a paso toda la información de una manera más detallada; o por el contrario, prefieren ir paso a paso y no desean una visión general previa); y los estilos de aprendizaje, características psicológicas relacionadas con las distintas maneras en las que un individuo puede aprender.
- Por último, la inclusión de rasgos de adaptación relacionados con el **contexto de trabajo** del usuario dentro de los modelos de usuario es un área reciente en los sistemas hipermedia adaptativos debido a la utilización de dispositivos móviles. Este rasgo se explicará más detalladamente en la sección 3.4 (“Adaptación y colaboración con dispositivos móviles”).

Normalmente, cada tipo de sistema adaptativo utiliza un subconjunto de estos rasgos de adaptación que determina la clase de sistema adaptativo a la que pertenece y la adaptación necesaria para esta clase (véase figura 2.1).

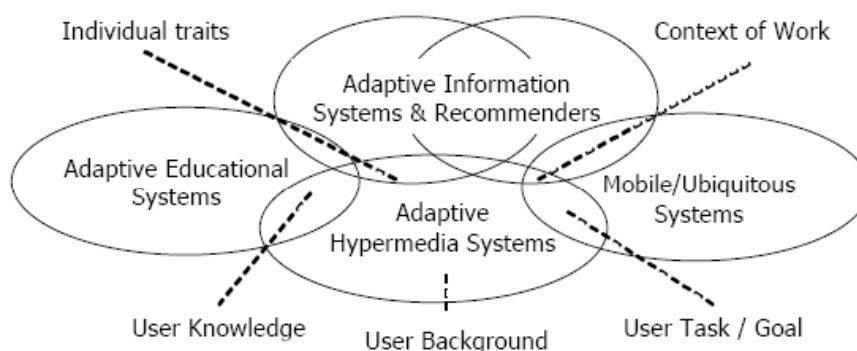


Figura 2.1. Rasgos de usuario modelados en sistemas adaptativos Web [Brusilovsky07]

En la figura 2.1., se puede observar los rasgos de usuario modelados con más frecuencia en función de distintos tipos de sistemas adaptativos Web. En el caso de los sistemas adaptativos aplicados al área de educación, los rasgos más utilizados para realizar la adaptación del material educativo a los usuarios son el nivel de conocimiento de los estudiantes y sus objetivos. Sin embargo, los sistemas adaptativos de información y los sistemas de recomendación suelen centrarse en modelar los intereses de los usuarios. Los

sistemas donde los usuarios utilizan dispositivos móviles suelen utilizar el contexto y los objetivos de los usuarios para realizar la adaptación. Por último, los sistemas hipermedia adaptativos intentan representar y utilizar un amplio rango de rasgos. Además del nivel de conocimiento de los usuarios y sus intereses, estos sistemas suelen modelar los objetivos de los usuarios, rasgos personales y el contexto donde se encuentran trabajando [Brusilovsky07].

Para representar y almacenar todos estos rasgos de adaptación dentro del modelo de usuario, se pueden utilizar diferentes métodos como el uso de estereotipos [Kay00], aprendizaje automático [Webb01], redes semánticas [Brusilovsky96a] o redes bayesianas [Li05] entre otros.

En este trabajo se van a crear modelos de usuarios basados en las características personales de los usuarios, en sus acciones dinámicas y en las características del contexto en el que se encuentran. Los valores que se pueden considerar dentro de cada rasgo pueden representarse a través de conjuntos de valores discretos, ya sean numéricos o estereotipos, o mediante intervalos de valores en el caso de datos numéricos. A través de esta representación, se puede modelar todas las características que se deseen tener en cuenta para recomendar actividades dentro de entornos adaptativos ubicuos.

Los valores para cada uno de los rasgos considerados en el modelo de usuario pueden preguntarse directamente al usuario cuando se registra en el sistema (p.e. tipo de información deseada o idioma) o conseguirse de forma dinámica a través del sistema adaptativo (p.e. porcentaje de ejercicios realizados correctamente, actividades realizadas). A veces es necesario utilizar cuestionarios específicos para conseguir información más compleja como es el caso de los estilos de aprendizaje [Felder96] [Felder88], su personalidad [Costa89] o su inteligencia [Thurstone38]. Actualmente, se están realizando investigaciones con el objetivo de adquirir información sobre los usuarios y no tener que preguntarla directamente. Por ejemplo, en [Ortigosa08] se presenta una propuesta para reducir el número de preguntas del cuestionario de estilos de aprendizaje basado en el modelo de Felder-Silverman, teniendo en cuenta la tendencia general del estudiante y no el resultado específico obtenido en cada una de las dimensiones. En [Spada08] se presenta una propuesta para predecir la dimensión secuencial-global de los estilos de aprendizaje de los alumnos, también basada en el modelo de Felder-Silverman, a través de patrones de movimiento del ratón. Actualmente, se considera la futura integración de estos trabajos en la presente propuesta.

2.1.2. *Métodos y técnicas de adaptación*

En 1996, Brusilovsky presentó una primera clasificación de los métodos y técnicas de hipermedia adaptativa [Brusilovsky96a], los cuales han sido utilizados ampliamente y referenciados en multitud de ocasiones. Esta clasificación considera dos clases de adaptación: **adaptación de la presentación** (adaptación a nivel de contenidos) y la **adaptación de la navegación** (adaptación a nivel de enlace). El objetivo de la adaptación de la presentación es adaptar los materiales presentados en cada una de las páginas a las características de los usuarios; mientras que, el objetivo de la adaptación de la navegación es ayudar a los usuarios a encontrar los caminos más adecuados a través del hiperespacio adaptando la presentación de los enlaces a los usuarios.

Para desarrollar sistemas hipermedia adaptativos que incluyan ambas clases de adaptación se pueden combinar distintos métodos y técnicas. En este contexto, por un lado, se define **técnica de adaptación** como un procedimiento para permitir que los sistemas hipermedia se adapten a los usuarios que acceden a los mismos. Las técnicas forman parte de la implementación de un sistema hipermedia adaptativo. Por otro lado, un **método de adaptación** se define como una generalización de una técnica de adaptación existente. Un método puede ser implementado mediante diferentes técnicas y al mismo tiempo, cada técnica se puede utilizar para implementar distintos métodos utilizando la misma representación del conocimiento. Actualmente, existen muchos métodos y técnicas para lograr la adaptación de la presentación y dar soporte a la adaptación de la navegación. En [Brusilovsky01], se presenta un listado detallado tanto de métodos como de técnicas de adaptación el cual será expuesto a continuación.

Algunos de los '**métodos de adaptación de contenidos**' que permiten adaptar los contenidos de un documento a un usuario concreto son los siguientes:

- Método de **explicaciones adicionales** cuyo objetivo es incluir y/o ocultar aquellas partes de la información asociada a un concepto que se consideren relevantes o irrelevantes para un determinado usuario en función de los conocimientos del mismo sobre dicho concepto.
- Método de explicaciones de requisitos previos y explicaciones comparativas que adaptan la información presentada a un usuario sobre un concepto al grado de conocimientos de dicho usuario en función de los conceptos relacionados. El método de **explicaciones de requisitos previos** consiste en insertar explicaciones que engloben los conceptos considerados como requisitos previos y que el usuario no ha asimilado adecuadamente antes de la explicación de un concepto determinado. El método de **explicaciones comparativas** incluye explicaciones entre el concepto que se presenta al usuario y otros conceptos similares presentados previamente.

- Método de **variantes** que consiste en mostrar la versión de contenidos más adecuada en función del tipo de usuario. Los usuarios con estilo de aprendizaje visual necesitarán explicaciones con más gráficos e imágenes que los usuarios con estilo de aprendizaje textual, los cuales preferirán explicaciones textuales más detalladas.
- Método de **ordenación** que muestra los materiales relacionados con el concepto que se desea presentar al usuario ordenados por relevancia, teniendo en cuenta la procedencia y los conocimientos del usuario.

Para la implementación de estos métodos existen varias **técnicas de adaptación de contenidos**:

- Técnica de **texto condicional** en la que la información relacionada con un concepto se divide en varios fragmentos de texto. Cada uno de estos fragmentos está asociado a un nivel de conocimiento que el usuario debe tener para poder acceder a dicho fragmento. Antes de presentar la información al usuario, el sistema selecciona los fragmentos adecuados en función de su nivel.
- Técnica de **texto expansible** que permite extender/contraer el texto del documento actual cuando el usuario selecciona una parte del texto presentado.
- Técnica de **variantes de fragmentos y de páginas** donde se presenta al usuario la versión del contenido más adecuado de una página o fragmento de acuerdo a sus características personales.
- Técnica **basada en marcos** la cual representa la información de un concepto como un marco donde sus campos contienen distintas explicaciones para un concepto, enlaces a otros marcos, ejemplos, etc. Para decidir los campos más adecuados para un usuario y el orden de presentación se utilizan reglas de adaptación que incluyen características del modelo de usuario.

Los **métodos para la adaptación de las opciones de navegación** se exponen a continuación:

- Método de **guía global**, cuyo objetivo es ayudar a los usuarios a encontrar los caminos de navegación más cortos para conseguir sus objetivos. Para ello, se pueden utilizar distintas técnicas para sugerir al usuario en cada paso qué enlaces debe seguir, o se pueden ordenar los enlaces según el grado de relevancia.
- Método de **guía local** que consiste en ayudar al usuario a elegir la siguiente opción de navegación, sugiriéndole los enlaces siguientes más relevantes partiendo de un determinado nodo en función de sus preferencias y nivel de conocimiento.
- Método de **ayudas para la orientación global** donde se facilita al usuario la comprensión de la estructura de todo el hiperespacio y dónde se encuentra ubicado dentro del mismo.

- Método de **ayudas para la orientación local** cuyo objetivo es orientar al usuario dentro de un conjunto de información suministrando información adicional sobre los nodos disponibles en cada momento y limitando el número de opciones de navegación.
- Método de **gestión de vistas personalizadas** que organiza un espacio de trabajo para que los usuarios accedan a un conjunto pequeño del mismo con enlaces a los documentos relevantes.

Con el objetivo de implementar estos métodos, existen diferentes **técnicas de adaptación de las opciones de navegación** las cuales pueden combinarse entre sí:

- La técnica de **guía directa** sugiere el mejor enlace que el usuario debe seleccionar en el paso siguiente.
- La técnica de **ordenación de enlaces** muestra un listado de enlaces ordenado en función de la relevancia para el usuario.
- La técnica de **ocultación de enlaces** consiste en ocultar los enlaces inapropiados o irrelevantes para un determinado usuario pero manteniendo el texto que aparecía en el propio enlace.
- La técnica de **eliminación de enlaces** es un caso particular del anterior, ya que la adaptación consiste en eliminar tanto el enlace como el texto del mismo.
- La técnica de **anotación de enlaces** consiste en añadir información sobre el estado de los nodos a los que conduce un determinado enlace dentro del propio enlace.
- Por último, la técnica de **adaptación de mapas** permite cambiar la vista de una estructura de enlaces.

2.1.3. Diseño y evaluación de sistemas hipermedia adaptativos

Antes de desarrollar un sistema hipermedia adaptativo, hay que tener en cuenta una serie de factores y decisiones que afectarán al sistema a desarrollar: rasgos de los usuarios que se considerarán en el proceso adaptativo, tipo de adaptación que se ofrecerá a los usuarios (adaptación de la presentación, adaptación de la navegación o ambas), y por último, métodos y técnicas de adaptación que se utilizarán en su implementación [Carro02].

Una vez tomadas estas decisiones, se procederá a diseñar e incluir en el sistema toda la información relacionada con las actividades a realizar por los usuarios así como sus posibles relaciones entre ellas, los diferentes contenidos multimedia que serán ofrecidos a cada tipo de estudiante en cada una de las actividades, y las relaciones entre actividades y contenidos multimedia.

Es difícil evaluar los sistemas hipermedia adaptativos debido a la riqueza de sus descripciones [Brusilovsky96a], al hecho de que están orientados a distinto tipo de usuarios,

y a que hay información que se genera dinámicamente [Carro01]. Dentro del contexto de los sistemas hipermedia adaptativos educativos, la mayoría de las evaluaciones empíricas se centran en evaluar los beneficios del aprendizaje adaptativo frente al no adaptativo. En estos casos, la evaluación se realiza comparando el comportamiento del usuario y su rendimiento mientras interactúa con diferentes versiones de los mismos contenidos [Bontcheva02] [Calvi00] [Cawsey00] [Gena02] [Smid02]. En la mayoría de los experimentos, se extrae que las versiones adaptativas son más efectivas ya que el usuario tarda menos tiempo en resolver las tareas propuestas y su nivel de satisfacción es mayor cuando interactúa con estos entornos [Cawsey00] [Gena02] [Smid02]. Estas conclusiones se basan principalmente en las opiniones de los usuarios [Cawsey00] [Gena02] [Arruabarrena02], el tiempo que tardar en realizar las tareas [Gena02] [Smid02] y/o sus resultados en actividades prácticas [Calvi00]. Algunos estudios analizan las interacciones de los usuarios en función de los contenidos visitados y el estilo de navegación [Bontcheva02]. Por último, en [Bravo07] se presenta cómo utilizar técnicas de minerías de datos para comprobar si las decisiones de adaptación benefician a todos los estudiantes de un sistema hipermedia adaptativo o si por el contrario, algunos de ellos se beneficiarían de una adaptación diferente a la que se le ha ofrecido.

2.1.4. Sistemas hipermedia adaptativos educativos

Las aplicaciones educativas más antiguas en el área de la “Hipermedia Adaptativa” datan de principios de los 90. Los primeros cursos que se realizaron a través de Internet consistían básicamente en libros electrónicos con capítulos de libros y secciones a leer con enlaces que los relacionaban [Brusilovsky96b]. En entornos más modernos de aprendizaje a distancia, los capítulos y secciones fueron reemplazados por actividades a realizar. La adaptación de contenidos considera diferentes tipos de recursos educativos así como herramientas que soportan la realización de las actividades. La guía de navegación ofrecida entre las actividades incluye capacidades de recomendación de diferentes actividades dependiendo de las distintas situaciones de los estudiantes [Martín07a].

Algunos sistemas hipermedia adaptativos son ELM-ART [Brusilovsky96b], AHA! [DeBra03], WHURLE [Moore01], APeLS [Conlan02], TANGOW [Carro99] y los presentados en [Martín05a] y [Hernán08].

ELM-ART II [Weber01] está basado en ELM-ART (*‘Episodic Learner Model-Adaptive Remote Tutor’*) [Brusilovsky96b]. El sistema ELM-ART daba soporte a la programación basada en ejemplos, el análisis de las soluciones de los problemas y facilidades para el depurado de programas y pruebas sobre los mismos. Las interacciones de los estudiantes se guardaban en el modelo del usuario y se actualizaban dinámicamente. El sistema generaba distintos enlaces en función del conocimiento del estudiante. Estos enlaces eran anotados

visualmente con distintos colores que se correspondían con la disponibilidad de la página asociada. Cuando un estudiante se registraba en el sistema, debía completar una encuesta sobre su experiencia con navegadores web, lenguajes de programación y uso de ordenadores. La guía de las actividades del curso era estricta cuando los estudiantes tenían menos conocimiento previo en estas tres cuestiones, y era más flexible si se posee experiencia en alguna de ellas. En la siguiente versión, se añadieron ejercicios tipo *test* y ejercicios de respuesta libre. Los resultados de estos ejercicios permiten al sistema ELM-ART II conocer el conocimiento del alumno de una manera más exacta e inferir su nivel actual. Además, esta nueva versión incluye herramientas de comunicación como foros, chats y correo electrónico, las cuales permiten a los estudiantes, preguntar y contestar mensajes en los foros, comunicarse con sus compañeros y enviar mensajes o preguntas a sus profesores.

AHA! (*‘Adaptive Hypermedia Architecture’*) [DeBra03] fue construido a partir del sistema AHA, cuya primera versión fue desarrollada en 1998 [DeBra98]. Originalmente se desarrolló para soportar cursos a través de Internet ofreciendo algunas explicaciones extra y ocultando en determinadas ocasiones enlaces ofrecidos a los usuarios. El proceso de adaptación se encarga de actualizar el modelo de usuario, el cual está constituido por conceptos y atributos. Las páginas de un curso pueden tener requisitos, los cuales han sido previamente definidos por el autor del mismo. Para cada estudiante, el esquema del curso se actualiza en cada paso y sus enlaces son marcados con diferentes colores para indicar cuáles han sido visitados y cuáles se encuentran disponibles.

WHURLE (*‘Web-based Hierarchical Universal Reactive Learning Environment’*) [Moore01] es un sistema adaptativo para entornos educativos donde el proceso de aprendizaje de los alumnos es considerado como un diálogo entre profesor y estudiante. El conocimiento se estructura en distintas partes de información que se adaptan al estudiante a lo largo de una lección. Los profesores son los responsables de crear las lecciones y de proveer al sistema un camino por omisión a través de los fragmentos de información. La narrativa propuesta por omisión se adapta a las necesidades de cada estudiante almacenadas en su modelo de usuario.

APeLS (*“Adaptive Personalized eLearning Service”*) [Conlan02] es un sistema adaptativo que permite adaptar tanto los contenidos presentados en cada una de las páginas a los estudiantes como los enlaces a las secciones anteriores y posteriores del curso. La adaptación se realiza teniendo en cuenta tres modelos donde se almacena información sobre los objetivos de aprendizaje, el nivel de experiencia del propio estudiante, y los contenidos y reglas que definirán la selección y la ordenación de los conceptos presentados al estudiante.

TANGOW (*Task-based Adaptive learner Guidance On the Web*) [Carro01] [Tangow] es un sistema hipermedia educativo que soporta la adaptación de contenidos, estructura y guía de navegación ofrecida entre las tareas. La estructura del curso está definida en términos de tareas docentes y reglas estructurales. Por un lado, las tareas docentes son las unidades básicas que representan explicaciones teóricas, ejemplos o ejercicios individuales. Estas tareas están relacionadas con distintas versiones de contenidos los cuales compondrán las páginas generadas para cada tarea. Por otro lado, las reglas estructurales del curso definen la organización de las tareas, el instante de tiempo en el cual se presentarán, el orden en el que los estudiantes deberán realizar las subtareas y cuáles son los requisitos de realización de ciertas actividades (si existen). Cuando los estudiantes interactúan con el sistema, el mecanismo de adaptación selecciona a cada paso las tareas y contenidos más adecuados almacenando información dinámica sobre las acciones de los alumnos y actualizando el modelo de usuario. Además, TANGOW permite incluir información adicional basada en los estilos de aprendizaje de los estudiantes dentro de los rasgos que se consideran en el proceso de adaptación [Paredes03]. Paredes y Rodríguez muestran en [Paredes02] cómo utilizar la teoría de estilos de aprendizaje de Felder y Silverman [Felder88] para adaptar automáticamente la secuencia de contenidos presentados a los estudiantes utilizando las dimensiones secuencial-global y sensorial-intuitivo de sus estilos de aprendizaje.

Por último, en [Martín05] y [Hernán08], se presentan dos aplicaciones educativas que adaptan los contenidos presentados al estudiante en función de su nivel de conocimiento. Martín y Mena presentan un sistema de enseñanza a través de Internet que permite a los estudiantes formarse de una forma flexible para aprobar el examen teórico del permiso de conducción de vehículos de la Dirección General de Tráfico en España [Martín05]. El estudio de la materia se realiza a través de un manual, un foro de consultas y exámenes generales o específicos de tipo test los cuales son generados dinámicamente adaptándolos en función del nivel de conocimiento actual de cada alumno. Hernán et al. [Hernán08] presentan una aplicación adaptativa educativa orientada al aprendizaje del concepto de herencia en lenguaje Java. Esta aplicación está basada en la taxonomía de Bloom [Bloom56]. El nivel de dificultad de las preguntas propuestas cambia dependiendo de las respuestas del usuario.

2.1.5. Sistemas de recomendación

Como se comentó anteriormente, los sistemas de recomendación son un tipo particular de sistemas adaptativos que se centran en modelar los intereses y preferencias de los usuarios [Brusilovsky07]. Un sistema de recomendación realiza recomendaciones personalizadas a un determinado usuario o le guía a través de objetos interesantes y útiles dentro de un gran espacio de posibles opciones (p.e. películas, música, libros noticias, imágenes y páginas

web entre otros) [Burke02]. Típicamente, un sistema de recomendación compara el perfil del usuario con algunas de las características de referencia, las cuales provienen de la información de cada uno de los elementos o de su entorno social.

La diferencia principal entre un motor de búsqueda o un sistema de recuperación de información y los sistemas de recomendación es que los motores de búsqueda devuelven todos los elementos que cumplen una determinada condición, mientras que los sistemas de recomendación ofrecen una recomendación personalizada basada en los intereses de cada usuario [Burke02]. Actualmente, ambos tipos de sistemas están convergiendo.

Técnicas de recomendación

Burke presentó un resumen con diferentes técnicas de recomendación utilizadas para realizar recomendaciones adecuadas a usuarios [Burke02]:

- La recomendación **colaborativa** es probablemente una de las técnicas más utilizadas. Consiste en recomendar elementos en función de las preferencias y categorizaciones de distintos usuarios. Este tipo de recomendación funciona mejor cuando los usuarios se encuentran en un entorno con usuarios de intereses similares. Por ejemplo, esta técnica se ha utilizado dentro de un sistema que recomienda distintos tipos de música basándose en los intereses del propio usuario y en las valoraciones previas realizadas por usuarios con gustos similares [LastFM]. En el ámbito de la enseñanza, también se ha utilizado para ofrecer recomendaciones sobre la guía de navegación basadas en la información de otros usuarios en el sistema Educo, un sistema de aprendizaje a través de Internet. [Kurhila02].
- La recomendación **demográfica** se encarga de categorizar al usuario basándose en información demográfica tal y como género, edad o nacionalidad. La ventaja de este método es que no necesita conocer ninguna valoración previa de los usuarios para realizar la recomendación aunque sí necesita reunir la información demográfica.
- La recomendación basada en **contenidos** utiliza los atributos de los elementos y los intereses del usuario en dichos atributos para realizar la recomendación. Esta técnica puede utilizarse en una gran cantidad de dominios para recomendar páginas web, noticias, restaurantes o programas de televisión entre otros. El principal problema es que necesitan reunir suficientes votos para construir un clasificador adecuado. Pazzani y Billsus presentan las características principales de distintos sistemas de recomendación que utilizan esta técnica así como algunos ejemplos en [Pazzani07].
- La recomendación basada en la **utilidad** se centra en los atributos de los elementos para calcular la utilidad de un determinado elemento para un usuario y poder realizar las recomendaciones oportunas. En [Stolze01] se presenta un marco de trabajo que representa la estrategia de la venta como un conjunto de parámetros reflejando las

preferencias tanto de vendedores como de compradores y realizando recomendaciones en función de la utilidad de cada elemento para cada usuario.

- La recomendación basada en el **conocimiento** se realiza en función de la deducción de las preferencias del usuario y sus necesidades. Al igual que la recomendación basada en la utilidad, no intenta construir generalizaciones a largo plazo sobre el usuario. Para funcionar de una forma óptima, los sistemas de recomendación basados en el conocimiento necesitan conocer las características de los objetos a recomendar, las preferencias del usuario y cómo relacionar las características de los objetos con las preferencias del usuario para poder satisfacer sus necesidades. Por ejemplo, el buscador Google [Google] utiliza este tipo de inferencia para deducir qué está buscando el usuario en función de las palabras clave que introduce en la consulta. Esta técnica es muy útil para realizar exploraciones puntuales ya que exige menos información al usuario que un sistema basado en la utilidad. Dentro del campo de la enseñanza, en [Wang06] se presenta un sistema inteligente de recomendaciones personalizadas basado en la Web, el cual combina las técnicas de recomendación basada en el conocimiento junto con las técnicas de filtrado colaborativo y filtrado basado en contenidos. Sin embargo, en este sistema no se ofrece recomendaciones basadas en rasgos de adaptación como estilos de aprendizaje, o el nivel de detalle de la información deseada por el usuario, entre otros. Además, tampoco da soporte a recomendaciones basadas en el contexto de los usuarios (tiempo del que disponen o dispositivo utilizado).

Las técnicas de filtrado colaborativo, recomendación demográfica y recomendación basada en contenidos tienen el problema de que al establecer un perfil de un usuario, es difícil cambiar sus preferencias. Por este motivo, muchos sistemas adaptativos que utilizan estas técnicas incluyen algún ajuste temporal para hacer que los votos más antiguos tengan menos influencia que los nuevos [Billsus00].

Cada una de las técnicas anteriores tiene sus ventajas e inconvenientes. Por este motivo es usual que los sistemas de recomendación combinen más de una técnica para conseguir un rendimiento mayor. La combinación más utilizada actualmente consiste en unir el filtrado colaborativo con otra de las técnicas de recomendación. Algunas de las combinaciones posibles se muestran en distintos tipos de sistemas híbridos como los sistemas de recomendación ponderados, sistemas de intercambio, sistemas mixtos, sistemas en cascada y sistemas que combinan rasgos entre distintas técnicas [Burke02]. A continuación se explican las características de cada uno de ellos:

- En los sistemas de recomendación híbridos **ponderados**, la puntuación de un elemento recomendado se obtiene a partir de una combinación de todos los datos de las técnicas de recomendación disponibles en el sistema. Por ejemplo, el sistema híbrido más simple sería utilizar la combinación lineal de todos los resultados para

realizar la recomendación. Claypool et al. presentan P-Tango [Claypool99], un sistema híbrido con pesos ponderados utilizado en un periódico al que los usuarios acceden a través de Internet. Dicho sistema utiliza filtrado colaborativo y recomendación basada en contenidos.

- Los sistemas de recomendación híbridos **de intercambio** utilizan un criterio para alternar el uso de la técnica de recomendación utilizada entre varias disponibles. DailyLearner [Billsus00] es un sistema híbrido de recomendación que utiliza filtrado colaborativo y recomendación basada en contenidos. Primero aplica la técnica de recomendación basada en contenidos y si ésta no obtiene unos resultados con suficiente grado de confianza, entonces utiliza el filtrado colaborativo.
- En los sistemas híbridos **mixtos** se utiliza más de una técnica para mostrar los resultados combinados con el objetivo de ofrecer un número más amplio de recomendaciones. Por ejemplo, el sistema PVT [Smyth00] utiliza esta propuesta para recomendar programas de televisión utilizando recomendación basada en contenidos sobre las descripciones textuales de los programas de televisión y un filtrado colaborativo sobre las preferencias de otros usuarios.
- Los sistemas híbridos **en cascada** utilizan una técnica para obtener un listado de candidatos que posteriormente es refinado utilizando otra. En [Taschuk07] se presenta un sistema de recomendación híbrido en cascada basado en el conocimiento y en los contenidos llamado Bluejay Genomic Browser. En este sistema, las recomendaciones se realizan en función de los intereses investigadores del usuario teniendo en cuenta las anotaciones realizadas sobre los grandes volúmenes de información que maneja.
- Otra manera de lograr combinar los contenidos y las opiniones de otros usuarios consiste en tratar la información como un atributo más asociado a cada ejemplo y utilizar las técnicas basadas en contenidos para incrementar la información del conjunto (**combinación de rasgos**). También, se puede combinar información entre dos técnicas de tal manera que la salida de ellas sea la entrada de la siguiente. Semeraro et al. presentan un sistema híbrido que utiliza la combinación del filtrado colaborativo y los perfiles de usuario inferidos a través de métodos basados en contenidos [Semeraro05]. El valor añadido está en la existencia de información adicional en los perfiles de usuario. En [Rutledge08] se presenta como combinar el filtrado colaborativo con una recomendación basada en contenidos especial llamada “recomendación basada en contenidos con los roles invertidos”. Esta última técnica se basa en intercambiar los roles de los elementos con sus características a la hora de realizar la recomendación; es decir, se procesan las características como elementos.

Muchos de los sistemas de recomendación que utilizan la técnica de filtrado colaborativo se basan en modelos de Markov para ofrecer predecir los comportamientos del usuario. Como los modelos de Markov se van a utilizar en la propuesta de esta tesis, se dedica un

apartado para explicar sus principales características, incluyendo ejemplos de algunos sistemas que los utilizan.

Modelos de Markov

Para poder realizar predicciones, muchos de los sistemas de recomendación utilizan modelos de Markov [Rabiner89]. Los modelos de Markov se han utilizado para modelar multitud de procesos secuenciales en áreas como tratamientos de ficheros históricos, biología, reconocimiento de voz, procesamiento de lenguaje natural o robótica. Estos modelos fueron descritos por primera vez en una serie de artículos estadísticos en la segunda mitad de la década de 1960 [Baum70].

Un modelo de Markov de primer orden se encuentra definido por una serie de estados y las probabilidades de pasar de un estado a otro. Los modelos ocultos de Markov contienen dos tipos de variables: estados y observaciones. Por tanto, aparte de las probabilidades de transiciones entre estados, también tienen definidas las probabilidades de realizar una determinada observación dentro de un estado específico.

La utilización de modelos de Markov permite predecir comportamientos de los usuarios y realizar sugerencias en función de las características e intereses del propio usuario y de usuarios similares. Algunos sistemas de recomendación que utilizan redes de Markov son PROTEUS [Anderson02] y el presentado en [Kurian06].

PROTEUS es un sistema que permite personalizar los sitios web teniendo en cuenta los patrones de navegación de una determinada persona. El objetivo de este sistema es reducir el tiempo y el esfuerzo de los usuarios en la búsqueda de información. La adaptación de este sistema consta de dos fases. En la primera se construyen los modelos de usuario a partir de los ficheros históricos con la información del usuario. En la segunda, partiendo de todas las posibles opciones de adaptación del sitio web (inclusión de un enlace entre dos páginas, reordenación de los elementos que aparecen en una página, etc.) se selecciona el tipo de adaptación más adecuada en base al modelo de usuario construido en el primer paso. Este sistema utiliza una generalización de los modelos de Markov llamada “modelos de Markov relacionales” y algoritmos para predecir posibles caminos más cortos entre distintas páginas.

Kurian et al. [Kurian06] presentan un sistema hipermedia semi-automático para la autoría de entornos adaptativos. Este sistema sugiere a los diseñadores del entorno adaptativo los objetos que incluyen información semántica relacionada con el objeto actual. Para realizar la recomendación se utiliza un modelo oculto de Markov basándose en los datos almacenados dentro del histórico de uso del sistema.

A este respecto, sería interesante poder combinar distintos criterios de adaptación con recomendaciones basadas en la información de otros usuarios. De esta manera, se reduciría el tiempo empleado en las labores de diseño de sistemas hipertexto adaptativos. Con este objetivo, el trabajo presentado en esta memoria combina la información previa de otros usuarios con información de expertos (facilitada en términos de reglas de adaptación) para realizar recomendaciones a cada usuario. La propuesta utiliza la técnica de filtrado colaborativo, donde la información sobre acciones previas de los usuarios se representa a través de modelos de Markov. Esta información es utilizada durante el proceso de recomendación basada en la información de otros usuarios.

2.2. Colaboración

Los orígenes de las actividades colaborativas se basan en el mundo real ya que cada persona es miembro de varios grupos (familia, trabajo, amigos, etc.) dentro de los cuales interactúa con el resto de sus miembros. Nuestra identidad personal se forma a partir de la percepción y el trato con el resto de los miembros de los grupos. Dentro de los grupos, aprendemos a comportarnos, pensar, educarnos a nosotros mismos y aprender de nuestra interacción con el resto de personas [Johnson02].

Las experiencias realizadas en las aulas utilizando aprendizaje colaborativo muestran que el proceso de aprendizaje no consiste solamente en la identificación del conocimiento final adquirido sino que incluye también el reconocimiento de la información que no se conoce y las inconsistencias o conceptos aprendidos de forma incorrecta [Webb89].

En este sentido, el aprendizaje colaborativo [Dillenbourg99a] es una actividad social en la cual los estudiantes construyen su propio conocimiento [Vygotsky78] a través de un proceso activo de aprendizaje [Koschman96] compartiendo distintos puntos de vista con sus compañeros de grupo [Soller07]. El aprendizaje colaborativo facilita el desarrollo y la mejora de ciertas habilidades sociales tales como trabajar en grupo o comunicarse con otras personas [Johnson84]. También estimula el desarrollo de habilidades personales como organizar ideas, argumentar o interactuar con otros estudiantes con el objetivo de construir una solución común e incrementa la motivación de los estudiantes, su participación y autoestima [Johnson85].

Por tanto, la inclusión de actividades colaborativas dentro de entornos de enseñanza a través de Internet enriquece el aprendizaje favoreciendo la interacción de los estudiantes, la discusión sobre determinados conceptos, la resolución cooperativa de problemas y la construcción de conocimiento. Además, realizar actividades colaborativas dentro de este tipo de entornos contribuye a reducir la sensación de aislamiento que tienen los estudiantes cuando se encuentran interactuando solos con este tipo de entornos.

Las ventajas del aprendizaje colaborativo en clases tradicionales y el avance de las tecnologías fueron las características principales en la aparición de sistemas de “aprendizaje colaborativo soportado por ordenador” (CSCL), cuyo principal objetivo es dar soporte a la colaboración entre estudiantes con la ayuda de los ordenadores. Desde principios de los años 90, se han desarrollado muchos sistemas colaborativos y educativos que incluyen herramientas para soportar la colaboración entre los estudiantes tales como foros, chats, aplicaciones de correo electrónico, sistemas de votaciones, intercambio de ficheros, editores colaborativos textuales y gráficos, etc. Una selección de los sistemas más relevantes dentro del aprendizaje colaborativo a través de Internet se presenta en [Soller05].

Los sistemas colaborativos pueden configurarse de formas diversas en función de un gran número de variables tales como el tamaño del grupo de trabajo, los criterios de agrupación de los estudiantes, la naturaleza de la actividad colaborativa, la distribución del trabajo entre los miembros del grupo, los criterios de permanencia de los usuarios dentro del mismo grupo de trabajo, etc. Diferentes configuraciones basadas en diversos aspectos se presentan en algunos métodos de intervención pedagógica como “Student Team Learning” [Slavin80] o “Learning Together” [Johnson75]. A partir de la experiencia utilizando estos métodos en las aulas presenciales, se pueden extraer características importantes que pueden aplicarse a los entornos colaborativos a través de Internet.

2.2.1. Formación de grupos de trabajo

Una característica importante en los entornos colaborativos y a menudo descuidada es la formación de grupos de trabajo [Muelhenbrock05]. Hasta ahora, para la formación de grupos se ha utilizado información sobre el alumno (género, clase, conocimientos y competencias).

Las conclusiones extraídas en diferentes estudios realizados sobre el aprendizaje colaborativo en las aulas [Slavin80] pueden servir como orientación para la agrupación de estudiantes en entornos educativos Web con actividades colaborativas.

El primer factor a considerar es cuál es el tamaño óptimo de los grupos de trabajo. En base a experiencias realizadas en el aprendizaje tradicional, los grupos de trabajo deben estar formados por tres o cuatro personas ya que la interacción en grupos de trabajo con pocos miembros es más efectiva que la que se lleva a cabo en grupos de trabajo grandes [Schwartz91] [Johnson75].

Otro aspecto a considerar es cómo combinar a los estudiantes en los grupos de trabajo. Los grupos homogéneos formados por estudiantes con las mismas habilidades, experiencias e intereses realizan mejor objetivos específicos; sin embargo, los grupos

heterogéneos donde estudiantes con distintas características trabajan juntos pueden obtener más ventajas que los homogéneos [Johnson75]. Por tanto, el profesor deberá decidir cómo constituirá los grupos de trabajo en función de los objetivos de las actividades colaborativas a realizar.

En el caso concreto de los sistemas hipermedia adaptativos que incluyen actividades colaborativas, la formación de grupos es un aspecto importante a tener en cuenta. En estos sistemas, los grupos de trabajo se pueden formar automáticamente según el orden de llegada de los estudiantes [Carro03b] o considerando los estilos de aprendizaje de los alumnos [Martín04]. También se pueden constituir utilizando herramientas externas como TOGETHER [Paredes08], la cual permite formar grupos de trabajo en función de los estilos de aprendizaje de los alumnos, facilita la visualización de los resultados de agrupamiento y la modificación de algunos parámetros para obtener los resultados deseados.

2.2.2. Modelo de grupo

La interacción de los usuarios en entornos de aprendizaje a distancia es diferente de la interacción en las aulas, ya que los estudiantes deben adaptar sus interacciones a las características y capacidades de las herramientas disponibles. Además, como se ha dicho anteriormente, en la educación a través de Internet es importante asegurarse que tanto las actividades que se proponen a los alumnos como las herramientas colaborativas que se les facilitan hayan sido diseñadas de acuerdo a las necesidades de los usuarios y que se sientan cómodos mientras se encuentran interactuando con estos entornos. Por ello, también es conveniente adaptar los aspectos colaborativos a las necesidades de los estudiantes. Soller propone cómo poder dar soporte a la realización de actividades colaborativas dentro de entornos adaptativos en [Soller07].

Para poder adaptar las actividades colaborativas a los usuarios de grupos de trabajo, es necesario almacenar información sobre los propios grupos. Las características relacionadas con los grupos de trabajo constituirán el modelo de grupo. La información relevante que se puede almacenar dentro de los modelos de grupo, comprende información sobre los propios miembros de los grupos y los roles que tendrán asignados (en caso de estar especificados), las actividades asignadas a cada grupo de trabajo, resultados obtenidos en actividades colaborativas ya realizadas, opiniones de los estudiantes sobre experiencias previas, número de contribuciones o restricciones temporales entre actividades, entre otros.

También se puede incluir información dinámica relacionada con el rendimiento del grupo y con el de cada uno de los individuos dentro de los grupos de trabajo. Con el objetivo de medir la interacción y el rendimiento de los grupos de trabajo, se pueden tener

en cuenta aspectos como la evolución del número de contribuciones de un usuario o del grupo, el tamaño de las contribuciones, grado de interactividad frente al resto de los miembros de un grupo, evolución de la discusión, etc [Barros00].

2.2.3. Recomendaciones a grupos de trabajo

En general, la realización de recomendaciones a grupos de trabajo está basada en las preferencias individuales de cada uno de los individuos. Sin embargo, se necesita algún tipo de método adicional para combinar las preferencias individuales de los usuarios de tal manera que se puedan realizar las recomendaciones más adecuadas de elementos particulares a un determinado grupo o comunidad [Jameson07]. Por ejemplo, Kleanthous et al. [Kleanthous08] presentan cómo modelar distintas relaciones semánticas con el objetivo de que los miembros de una comunidad puedan compartir conocimientos de una forma sencilla. La información de los individuos se combina con el modelo de relaciones para identificar las situaciones donde el usuario necesita ayuda con el fin de mejorar el funcionamiento de la comunidad como un conjunto.

Aunque existen varias formas de representar y unir las preferencias de los usuarios, la mayoría de las propuestas siguen uno de estos tres esquemas: combinación de conjuntos de recomendaciones, suma de las calificaciones de los individuos para elementos particulares o construcción de modelos con las preferencias de los grupos [Jameson07].

Por ejemplo, POLYLENS [OConnor01] es un sistema de recomendación que sugiere elementos a grupos de usuarios. Para realizar la recomendación, este sistema realiza un filtrado colaborativo utilizando la combinación de los conjuntos de recomendaciones y la suma de las clasificaciones de los individuos para elementos particulares.

Los modelos con las preferencias de los grupos pueden construirse como la suma de los modelos de preferencia de los distintos usuarios o como la suma de la preferencia de subgrupos. En el caso de LET's BROWSE [Lieberman99], un sistema de recomendación para grupos, el modelo de grupo se construye a partir de la combinación lineal de los modelos de usuario donde se reflejan qué tipos de páginas les gusta ver a cada usuario. Sin embargo, INTRIGUE [Ardissono03] está diseñado para ayudar a los guías turísticos quienes necesitan diseñar recorridos para grupos heterogéneos dentro de los cuales hay grupos homogéneos como los niños. En este caso, el modelo de grupo se realiza a partir de cada uno de los subgrupos teniendo en cuenta los posibles recorridos para cada uno de ellos. Además, se considera de especial importancia los subgrupos con personas discapacitadas.

2.2.4. Sistemas adaptativos y colaborativos

Algunos trabajos relacionados con la adaptación de actividades colaborativas en sistemas de enseñanza a través de Internet son EPSILON [Soller01], COALE [Furugori02], WebDL [Gaudioso02], COL-TANGOW [Carro03b], IMMEX [Soller07] o ALPE [Santos07].

EPSILON incluye un agente inteligente que provee de soporte pedagógico a los estudiantes en entornos de aprendizaje colaborativo web. Observa la conversación entre los miembros del grupo, analiza el diálogo entre estudiantes e identifica las acciones de los distintos miembros del mismo grupo clasificándolas como correctas o incorrectas. Este entorno ayuda a desarrollar habilidades de comunicación y elige automáticamente a los miembros de cada uno de los grupos de trabajo en función de sus características.

COALE es un entorno para el aprendizaje colaborativo donde para cada actividad colaborativa a realizar se recomienda a los estudiantes diferentes ejercicios y los compañeros con los que interactuará dentro de su grupo de trabajo. Sin embargo, este sistema permite elegir a los estudiantes el siguiente ejercicio a realizar así como sus compañeros.

El principal objetivo de WebDL es facilitar a los usuarios el acceso a los servicios colaborando entre los miembros del mismo grupo de una forma sencilla. Este sistema se centra en dar soporte a la navegación y a la colaboración.

COL-TANGOW es un sistema adaptativo web que soporta la formación automática de grupos de trabajo y la generación dinámica de espacios de trabajo colaborativos dentro de cursos adaptativos que se realizan a través de Internet. Este sistema ha sido implementado a partir del sistema TANGOW [Carro01], incorporando un nuevo tipo de tarea colaborativa, nuevas reglas de adaptación que soportan la especificación y adaptación de los distintos espacios de trabajo que se les ofrecerá a los estudiantes y las características y funcionalidades para la generación automática de grupos de trabajo [Carro03a]. Para cada estudiante, estos cursos se generan dinámicamente seleccionando en cada paso las actividades colaborativas más adecuadas, el instante de tiempo en el que se presentarán a los estudiantes, los problemas concretos que se realizarán, los compañeros más adecuados para cooperar y las herramientas colaborativas que facilitarán la interacción entre los estudiantes [Carro03b].

IMMEX es un entorno de aprendizaje que ayuda a grupos de estudiantes a desarrollar hipótesis, evaluarlas y analizar tests realizados en los laboratorios mientras resuelven problemas del mundo real. Este entorno incluye navegación web colaborativa, facilidades de sincronización y una interfaz con un chat estructurado. Las características que se tienen en cuenta dentro del modelo de usuario son el progreso en el aprendizaje, su

rendimiento, y las estrategias preferidas a la hora de resolver problemas entre otros. Además, los modelos de los estudiantes se utilizan también para realizar predicciones sobre la trayectoria más probable de aprendizaje de un estudiante. Estas predicciones se realizan utilizando redes de Markov.

Por último, ALPE es una plataforma accesible para el aprendizaje que provee a los usuarios de un completo marco de trabajo con funcionalidades para la gestión del curso, herramientas de comunicación con el resto de los usuarios, gestión de contenidos para publicar información relacionada con asuntos académicos, y gestión del aprendizaje de los alumnos. Con el objetivo de hacer que los contenidos fueran accesibles para todo el mundo, esta plataforma se encarga de seleccionar las versiones de contenidos más adecuadas y ofrecerlas en un formato apropiado para cada usuario. Para realizar esta selección, se consideran las posibles discapacidades visuales y auditivas de los usuarios.

La inclusión de actividades colaborativas dentro de entornos adaptativos hace posible la adaptación de estas actividades a las características de los usuarios y grupos de trabajo. En este trabajo se da soporte tanto a la recomendación de actividades individuales y colaborativas como a la generación de espacios de trabajo colaborativos adaptados a las características de usuarios y grupos de trabajo. Los espacios de trabajo adecuarán tanto el enunciado de la actividad a desarrollar de forma colaborativa como las herramientas que facilitan la interacción de los usuarios, basándose en información sobre usuarios y grupos de trabajo.

2.3. Adaptación y colaboración con dispositivos móviles

Gracias a la disponibilidad de las tecnologías móviles, tales como redes de banda ancha, las tecnologías inalámbricas y a los dispositivos móviles, el aprendizaje a través de Internet (e-learning) ha empezado transformarse al aprendizaje a través de Internet utilizando dispositivos móviles que utilizan redes inalámbricas (m-learning [Ktoridou05] o aprendizaje móvil) [Sharples00]. Esto hace que los usuarios puedan conectarse a Internet para aprender desde cualquier lugar y en cualquier momento.

Los dispositivos móviles son pequeños, compactos y portátiles. Cada vez es mayor la cantidad de usuarios que llevan consigo asiduamente uno o más dispositivos electrónicos, incluyendo teléfonos, asistentes personales digitales (PDAs) y ordenadores portátiles. La gente utiliza estos dispositivos con fines de entretenimiento, para trabajar o aprender. Suelen tener diversas prestaciones como cámara y reproductor de vídeo, sistema de localización física como GPS, capacidad para captura datos, etc.

Las pequeñas pantallas de estos dispositivos móviles hacen preguntarse si sirven para el aprendizaje a través de Internet. La realidad es que estos dispositivos tienen buenas capacidades de audio, permitiendo a los estudiantes escuchar lecturas o clases grabadas previamente, más que leer el material en una pequeña pantalla. Algunas críticas también vienen por las capacidades de entrada de estos dispositivos, cuestionando que los estudiantes sean capaces de escribir grandes cantidades de texto, tomar notas, etc. Muchos de estos dispositivos son adaptables y permiten conectar teclados portátiles que permiten escribir más cómodamente.

Por otro lado, hoy en día, la gente suele pasar mucho tiempo trabajando y en desplazamientos de transporte entre su trabajo o lugar de estudio. Muchos usuarios pasan mucho tiempo intentando organizarlo de una forma óptima. Por esta razón, el tiempo se ha convertido en un valor importante en la sociedad actual.

Estos hechos motivan la aparición de aplicaciones Web que facilitan no sólo el acceso a la información desde cualquier lugar sino también la realización de actividades de una forma flexible en diferentes situaciones. En contextos educativos, también se han desarrollado distintas aplicaciones para el aprendizaje móvil.

Los dispositivos y las tecnologías móviles están cambiando la naturaleza del conocimiento (de formal a informal) y las vías en las que puede ser suministrado [Traxler07]. En los últimos años, el aprendizaje con dispositivos móviles ha crecido en visibilidad dentro de contextos educativos incrementándose el número de conferencias, seminarios y talleres de trabajo tanto nacionales como internacionales (mLearn [Mlearn], WMUTE [Wmute], etc.) relacionados con esta área. Sin embargo, todavía el concepto del aprendizaje móvil es inmaduro en términos tanto tecnológicos como pedagógicos ya que es un área que todavía está emergiendo y se está desarrollando rápidamente [Traxler07].

El uso de dispositivos móviles se puede combinar con el aprendizaje tradicional con el objetivo de incrementar la motivación de los estudiantes, promover la interacción entre los miembros de los grupos de trabajo, facilitar el desarrollo de ciertas habilidades y soportar el aprendizaje constructivista [Zurita04]. Estos dispositivos permiten que los alumnos los puedan utilizar desde cualquier lugar para tomar apuntes o desarrollar actividades de aprendizaje en tiempo real. De esta manera, los alumnos se sienten más motivados y activos en su propio proceso de aprendizaje. Por tanto, es necesario desarrollar aplicaciones que utilicen estas nuevas tecnologías combinándolas con entornos tradicionales [Chen07]. Por ejemplo, Verdejo et al. [Verdejo06] presentan una propuesta para dar soporte a actividades de aprendizaje tanto dentro como fuera de la escuela. Los estudiantes utilizan una PDA con conexión GPS para grabar observaciones sobre pájaros en un entorno natural. Cuando los alumnos regresan a clase, debaten, analizan y procesan los datos empíricos recogidos.

Traxler y Kukulska-Hulme presentan un resumen del uso de nuevas tecnologías y dispositivos móviles dentro del campo de la enseñanza en [Traxler05]. En este resumen, se puede observar que los dispositivos móviles se utilizan para mejorar el acceso a los recursos educativos y a sistemas de evaluación. Además, estos dispositivos han producido cambios en la enseñanza y en el aprendizaje, haciendo el aprendizaje móvil posible sin necesidad de utilizar dispositivos adicionales.

En [Goh06], se presenta un resumen con distintos entornos y aplicaciones. Estos sistemas pueden clasificarse en diferentes categorías: competiciones y juegos interactivos para hacer el aprendizaje más atractivo a los alumnos, aprendizaje individual o colaborativo ya sea en clase o en los laboratorios prácticos, aprendizaje fuera de entornos educativos, aprendizaje a distancia con herramientas síncronas o asíncronas, aprendizaje informal utilizado en museos o jardines, entre otros.

A continuación, se presentan las características que se tienen en cuenta para adaptar las actividades y materiales a los usuarios y grupos de trabajo en entornos con dispositivos móviles.

2.3.1. Modelos de usuario y grupo en entornos con dispositivos móviles

Muchos de los atributos utilizados en modelos tradicionales de usuario como el nivel de conocimiento, sus preferencias o sus conceptos mal aprendidos siguen siendo relevantes en el aprendizaje móvil [Bull04] [Goh06]. Sin embargo, el uso de dispositivos móviles ha hecho incrementar el número de lugares desde donde los usuarios pueden realizar distinto tipo de actividades aprovechando su tiempo (p.e. transporte público, restaurantes o bares, lugares al aire libre como parques, instituciones educativas y su casa entre otros).

El contexto de los usuarios que utilizan dispositivos móviles cambia dinámicamente. La realización de determinadas actividades puede ser apropiada o inadecuada no sólo debido a las características personales de los usuarios y a las acciones que realizan mientras interactúan con el entorno móvil, sino también a su contexto (p.e. dispositivo utilizado, tiempo que tienen disponible, nivel de ruido que hay en el entorno donde se encuentra, temperatura interior, meteorología, uso del dispositivo incluyendo acciones relacionadas a través del teclado o del ratón, etc.) [Zimmermann05].

La información contextual del usuario puede utilizarse para: i) ofrecer información más detallada sobre un objeto (por ejemplo, cuando el usuario se sitúa en frente de un cuadro en un museo); ii) presentar al usuario distinto tipo de información dependiendo de las características del entorno y del dispositivo (por ejemplo, audio frente a material visual); o iii) desaconsejar la realización de actividades a través de interfaces complejas cuando los

usuarios no disponen de un dispositivo adecuado [Corlett05], no tienen tiempo suficiente o no existen materiales adecuados.

Por tanto, a la hora de desarrollar aplicaciones donde se puedan utilizar distintos dispositivos móviles, un factor importante a tener en cuenta es el contexto de los usuarios ya que complementa la personalización del entorno en el que se encuentra [Zimmerman05]. Por este motivo, en los últimos años se ha incluido el contexto de los usuarios como un rasgo de adaptación importante dentro de los sistemas hipermedia adaptativos.

Algunos de los rasgos modelados relacionados con el contexto de los usuarios dentro de entornos hipermedia adaptativos móviles son el dispositivo utilizado por el usuario incluyendo características tanto hardware como software, su localización actual, el entorno físico, el contexto social y el estado afectivo [Brusi07]. En el caso particular de entornos adaptativos educativos móviles, las interacciones de los estudiantes con el dispositivo de aprendizaje [Goh06] deberían estructurarse adecuadamente en función del nivel de concentración, de la probabilidad de interrupción en ese lugar y del tiempo disponible para el estudio [Bull05].

Si se realizan actividades colaborativas dentro de estos entornos móviles, también es importante considerar el contexto de los miembros del mismo grupo de trabajo ya que puede afectar a la realización de dichas actividades. Algunas de las características que pueden considerarse dentro de este tipo de entornos son la localización física del resto de usuarios, la disponibilidad de los usuarios y todas las características comentadas previamente [Muehlenbrock05]. Por ejemplo, en juegos para dispositivos móviles, el contexto del usuario y el contexto de los miembros del mismo grupo es un factor importante a tener en cuenta dentro del proceso de adaptación [Martín05].

En cuanto a la adaptación de contenidos y su adecuada presentación en diferentes tipos de dispositivos, los diseñadores deben considerar las características específicas de cada dispositivo tales como el tamaño de la pantalla o posibles limitaciones de memoria. Por tanto, existe una necesidad de crear versiones independientes de contenidos y no utilizar el mismo material multimedia que se presenta cuando los usuarios se conectan con ordenadores personales o portátiles. Esto implica realizar esfuerzos duplicados a la hora de crear nuevos contenidos, doble mantenimiento de los mismos así como posibles problemas de control de versiones. En este sentido, se han realizado esfuerzos para facilitar las tareas a los creadores de contenidos para este tipo de entornos. Goh y Kinshuk [Goh06] proponen una arquitectura de un sistema que es capaz de adaptar los contenidos presentados a los dispositivos utilizados por los usuarios sin necesidad de duplicar esfuerzos para gestionar distintas versiones de contenidos para PDAs y ordenadores.

Con respecto a la información del contexto de los usuarios, se les puede preguntar directamente; también se pueden utilizar distintos tipos de sensores (p.e. micrófonos, GPS, termómetros, etc.) para capturar esta información contextual [Muelenbrock05].

Por tanto, en este nuevo marco de trabajo colaborativo móvil, es necesario dar soporte a la recomendación de actividades, guía de navegación ofrecida entre ellas, recursos y herramientas a los usuarios y grupos de trabajo de acuerdo a sus características personales, necesidades y contexto para ayudarles a organizar su tiempo y sugerir las actividades más adecuadas en cada situación.

2.3.2. Sistemas adaptativos con dispositivos móviles

Algunos sistemas que adaptan las actividades presentadas a los usuarios y/o su interacción incluyendo características personales, acciones y contexto son MoreMaths [Bull03], C-POLMILE [Bull03], JAPELAS [Ogata04], TenseITS [Cui05] y el presentado en [Yau07].

Bull et al. [Bull03] presentan las características de dos sistemas adaptativos orientados al aprendizaje móvil llamados MoreMaths y C-POLMILE. MoreMaths es un entorno adaptativo de aprendizaje que puede ser utilizado desde ordenadores personales o PDAs. La interacción principal se produce cuando los estudiantes utilizan ordenadores personales desde donde ellos estudian distintos conceptos y realizan ejercicios. Desde las PDAs, los estudiantes pueden revisar materiales previos. C-POLMILE es un entorno inteligente educativo para el aprendizaje del lenguaje de programación C. Existen dos versiones del mismo sistema, una para ordenadores personales y otra para PDAs. Ambas se adaptan al contexto del usuario incluyendo factores como su localización física, el dispositivo que está utilizando, si existen distracciones en el entorno, etc. De esta manera, el estudiante puede utilizar la más conveniente dependiendo del momento.

JAPELAS [Ogata04] es un entorno para aprender expresiones educadas en japonés. Este sistema ofrece a los estudiantes las expresiones más adecuadas dependiendo de su situación (despacho, lugar de encuentro, etc.) y de información personal.

TenseITS [Cui05] es un entorno para el aprendizaje de idiomas utilizando PDAs. Este entorno adapta la interacción al conocimiento individual del estudiante. También adapta aspectos contextuales como la localización del estudiante teniendo en cuenta la probabilidad de interrupción, el posible nivel de concentración en ese entorno y el tiempo disponible para el estudio.

Yau y Joy presentan una aplicación de enseñanza para ser utilizada en PDA. Esta aplicación adapta las actividades de aprendizaje a cada estudiante en función de su estilo de aprendizaje y del contexto en el que se encuentre (tiempo disponible, localización y nivel de

ruido) [Yau07]. Para obtener la localización del usuario y el nivel de ruido del entorno, se utiliza un sistema de posicionamiento global (GPS) y un micrófono, respectivamente. En base a estos dos criterios recomienda las actividades más adecuadas para un determinado usuario. La aplicación consta de dos módulos de adaptación: uno para procesar los estilos de aprendizaje de los alumnos y otro para adaptar las actividades al contexto del usuario utilizando para ello reglas de adaptación.

Por otra parte, los sistemas que trabajan con dispositivos móviles no pueden suministrar grandes tablas de datos o dibujos. Algunos ejemplos de sistemas adaptativos cuyo objetivo es la adaptación de los contenidos en función del dispositivo utilizado por los usuarios son APeLS [Brady04] y el presentado en [Kinshuk04].

APeLS es un sistema adaptativo que personaliza un curso de lenguaje SQL para PDAs [Brady04]. Los contenidos del curso son adaptados en función del dispositivo utilizado. Las versiones de contenidos utilizadas para PDAs modifican el tamaño de las tablas HTML, cambian las imágenes por versiones más reducidas o por texto y quitan o ocultan la información redundante o irrelevante para facilitar la visualización de contenidos.

Kinshuk y Lin presentan cómo mejorar el proceso de aprendizaje adaptando la presentación de contenidos a los estilos de aprendizaje de los alumnos en entornos multiplataforma que soporten tanto la conexión de PDAs como de ordenadores personales [Kinshuk04]. Para realizar la adaptación de contenidos a cada estudiante se tienen en cuenta sus estilos de aprendizaje según el modelo de Felder-Silverman [Felder88].

2.3.3. Sistemas de recomendación con dispositivos móviles

Los sistemas de recomendación diseñados para dispositivos móviles deben presentar las sugerencias al usuario a través de interfaces sencillas, debido a las limitaciones de estos dispositivos. Una posibilidad es utilizar códigos de colores, sonidos o vibraciones [Heijden05]. Las áreas donde más se han utilizado los sistemas de recomendación para aplicaciones con dispositivos móviles son dentro del sector del turismo o del comercio electrónico, entre otras. [r1]

El objetivo de los sistemas de recomendación orientados al turismo es guiar a los visitantes a lo largo de su recorrido. Por ejemplo, GUIDE [Cheverst00] es un sistema de recomendación que ha sido desarrollado para ayudar a los visitantes de una ciudad que utilizan una PDA o un teléfono móvil. Dentro de este sistema, los visitantes eligen diferentes atracciones. A continuación, se genera un posible itinerario personalizado de visita ordenando los lugares de interés seleccionados que el usuario puede modificar posteriormente. Este itinerario se genera teniendo en cuenta los horarios de apertura de los

distintos lugares, el mejor horario para visitarlo y la distancia entre ellos. Además, la información personal del contexto del usuario también se almacena para adaptar los materiales que se le presentan. Esta información incluye la localización actual del visitante, su perfil personal (intereses, idioma preferido de lectura, conjunto de atracciones o puntos de interés ya visitados) y estilo de aprendizaje (si es un usuario activo o reflexivo).

Dentro de los sistemas de recomendación utilizados para el comercio electrónico, el objetivo es sugerir a los usuarios aquellos productos que se ajustan a sus necesidades y preferencias. En [Chun01] se presenta un sistema de recomendación de comercio electrónico basado en el conocimiento. El sistema se encarga de averiguar los requisitos del usuario sobre un producto específico realizándole preguntas y consultando su base de datos de conocimiento para encontrar los productos más adecuados a sus necesidades.

Otros ejemplos de dos sistemas de recomendación basados en el contexto de los usuarios se pueden encontrar en [Zimmermann05] donde se presentan un tablón de anuncios inteligente y una guía de un museo (LISTEN). Ambos sistemas de recomendación son capaces de adaptar su comportamiento teniendo en cuenta la evolución de los atributos del contexto de los usuarios. Por un lado, el tablón de anuncios inteligente está equipado con sensores para poder reaccionar a cambios en las condiciones del entorno como el nivel de ruido, la hora del día, etc. El contenido de este tablón está formado por imágenes clasificadas en distintas categorías y que son adecuadas dependiendo de la hora del día. Por otro lado, LISTEN permite a los usuarios de un museo navegar dinámicamente a través de información acústica diseñada para complementar el espacio real donde se encuentran. La selección, presentación y adaptación de los contenidos de esta información tiene en cuenta el contexto de los usuarios.

Algunos ejemplos de sistemas de recomendación utilizados dentro de entornos educativos son WANTIT [Graham04] e InLinx [Bighini03].

WANTIT es un portal web adaptativo orientado a dispositivos móviles que utiliza técnicas de adaptación de la navegación (guía directa, ocultación de enlaces irrelevantes y ordenación de los enlaces) para personalizarla en función de las características del usuario. Este sistema presenta a los usuarios una lista con las sugerencias más relevantes. La lista se encuentra dividida en tres áreas: enlaces más populares, enlaces más probables y enlaces a páginas previas. Para predecir los enlaces más relevantes, que serán presentados en estas tres áreas de una forma ordenada, se utiliza la información almacenada en el modelo de usuario y en un modelo de Markov. Personalizando las sugerencias y adaptando los enlaces presentados, los usuarios no pierden ni tiempo ni esfuerzo buscando a través de los materiales de un curso.

InLinx es un sistema híbrido de recomendación que da soporte a la anotación de libros dentro de una arquitectura para el aprendizaje móvil [Bighini03]. Este sistema combina el análisis de contenidos con la creación de grupos virtuales de estudiantes y fuentes didácticas para facilitar la utilización de grandes volúmenes de información electrónica de acuerdo a los intereses de los usuarios. InLinx combina la técnica de recomendación basada en contenidos y el filtrado colaborativo para ayudar a los estudiantes a clasificar la información y guardarla en marcadores. Además recomienda estos documentos a otros estudiantes con intereses similares y se encarga de notificar a los estudiantes nuevos documentos que pueden ser interesantes para ellos.

2.3.4. Sistemas colaborativos con dispositivos móviles

Hoy en día, existe un gran número de aplicaciones colaborativas para ordenadores personales. Sin embargo, en algunas ocasiones, estas aplicaciones no se pueden utilizar de una forma directa en los dispositivos móviles, ya que si se intenta recompilar el código fuente de estas aplicaciones en un dispositivo móvil y ejecutarlo, se puede ver que la aplicación fallará debido a las características del dispositivo móvil y a la conexión de red [Roth00]. Por tanto, las características de los nuevos dispositivos se deben tener en cuenta para desarrollar aplicaciones colaborativas para dispositivos móviles. Algunas de las aplicaciones colaborativas desarrolladas para este tipo de dispositivos son Syllable-MCSCL [Zurita04], un organizador para el aprendizaje móvil [Corlett05], REMO [Bravo06], AULA y AWLA [Paredes07].

Syllable-MCSCL [Zurita04] es un entorno colaborativo de aprendizaje móvil no adaptativo orientado a PDAs. Este entorno permite a niños de seis y siete años aprender de forma colaborativa creando palabras a través de sílabas. El objetivo de esta aplicación educativa es formar el mayor número de palabras posible combinando tres sílabas. A través de este juego, los niños aprenden vocabulario, aprender a interactuar entre sí exponiendo sus ideas y dialogando hasta ponerse de acuerdo en una solución común.

En [Corlett05], se presenta un organizador para el aprendizaje móvil. Este organizador se desarrolló para utilizarlo con PDAs y conexiones inalámbricas. El organizador utiliza tanto aplicaciones existentes para dispositivos móviles como herramientas desarrolladas específicamente para que los estudiantes pudieran acceder al material electrónico del curso, visualizar sus horarios, comunicarse a través de correo electrónico y mensajes instantáneos y organizar sus apuntes. Sin embargo, este organizador no es sensible al contexto de los usuarios.

Bravo y García [Bravo06] presentan un sistema llamado REMO que soporta reuniones entre varias personas a través de dispositivos móviles que utilizan redes

inalámbricas. Este sistema provee a los usuarios de espacios de trabajo compartidos e incluye un amplio conjunto de herramientas colaborativas para facilitar la comunicación. El sistema está basado en tres fases: pre-reunión, donde los administradores deben definir las agendas; reunión, donde tiene lugar la reunión en sí; y post-reunión, donde el sistema envía los documentos producidos en la fase anterior y presenta las decisiones tomadas.

Por último, Paredes et al. [Paredes07] presentan dos aplicaciones llamadas AULA y AWLA que permiten utilizar entornos colaborativos educativos dentro y fuera de las aulas gracias a los dispositivos móviles. Estas aplicaciones se han diseñado para que los alumnos realicen escritura colaborativa en cursos de enseñanzas de idiomas, en concreto, en el aprendizaje de inglés como lengua extranjera.

En cuanto a la adaptación y colaboración en entornos donde los usuarios acceden a través de dispositivos móviles, este trabajo incluye la posibilidad de adaptar las actividades individuales y colaborativas no sólo a las características personales y acciones de los usuarios y grupos de trabajo, sino también al contexto en el cual se encuentran, teniendo en cuenta las características de los dispositivos, el tiempo del que disponen y el lugar donde se encuentran.

Resumiendo, la propuesta realizada en esta memoria incluye la integración de todos los aspectos positivos de los sistemas hipermedia adaptativos y de los sistemas de recomendación basados en información de otros usuarios, permitiendo a los usuarios realizar tanto actividades individuales como colaborativas a través de distintos dispositivos, recomendando las más adecuadas en cada situación y generando los espacios de trabajo tanto individuales como colaborativos para cada una de las actividades y para cada usuario.

[r1]PREGUNTA DE TESIS (A APUNTAR EN OTRO SITIO): ¿Has pensado en la posibilidad de realizar recomendaciones aunque el usuario no las pida? (avisando al usuario de que alguien está disponible online y, por tanto, recomendándole en ese momento una actividad colaborativa, p.ej.?
(estilo trabajo de Nuria).

A PENSAR EN LA RESPUESTA! ;)