
CAPÍTULO 3:

Mecanismo de Recomendación

El diseño y desarrollo de sistemas donde los usuarios pueden realizar distintos tipos de actividades de forma individual o colaborativa a través de distintos dispositivos y en diferentes contextos, así como la gestión y adaptación de cada uno de los elementos involucrados (actividades, recursos, contenidos, herramientas informáticas, usuarios, grupos, dispositivos, contextos, etc.) es una labor complicada. Con el fin de facilitar la gestión y adaptación en este tipo de entornos, en esta tesis se propone el uso de un mecanismo que se ha diseñado para recomendar se ha diseñado un mecanismo que permite recomendar actividades a distintos usuarios teniendo en cuenta no sólo sus características personales y sus acciones previas, sino también el contexto en el que se encuentran, incluyendo su localización, el tiempo del que disponen y los dispositivos accesibles en ese momento. Además, esta información se combina con datos sobre las interacciones de otros usuarios para obtener información sobre la conveniencia de recomendar determinadas actividades a usuarios con características similares. También se da soporte a la adaptación de contenidos y herramientas para generar espacios de trabajo adecuados y dar soporte a la realización de las actividades correspondientes, como se detallará más adelante. El objetivo es: ayudar a los usuarios a organizar su tiempo de una forma sencilla, proponiéndoles la realización de las actividades más adecuadas en cada momento; facilitar la coordinación de la realización de actividades que tienen que llevarse a cabo por distintos usuarios; y dar soporte a la realización de las actividades, mediante la generación de espacios de trabajo adaptados a cada usuario y grupo de trabajo.

Para poder proporcionar recomendaciones y generar espacios de trabajo adaptados, es necesario gestionar información sobre cada uno de los elementos relacionados con el mecanismo de recomendación: usuarios, grupos, conjuntos de actividades, actividades, recursos, herramientas colaborativas, y capacidades de adaptación. Por este motivo es necesario almacenar información sobre cada uno de los elementos involucrados. Para almacenar la información sobre los distintos usuarios y grupos, se han creado modelos de usuario y modelos de grupo, que guardarán las distintas características de ambos. Estos modelos se describen con detalle en la sección 3.2.1. La información sobre cada una de las actividades que los usuarios deben realizar, así como sus contenidos multimedia asociados y, en el caso de actividades colaborativas, las herramientas necesarias para facilitar la interacción entre miembros del mismo grupo (ver sección 3.2.2.), será almacenada junto con las reglas o filtros de adaptación (explicados en la sección 3.2.3.), que indican cómo se adaptan las actividades a los distintos usuarios y grupos.

Una limitación existente actualmente en el uso de entornos adaptativos es la dificultad de creación de los mismos. Cuanto más rico sea un entorno adaptativo, más complejo será especificar su comportamiento. Por ello, con el objetivo de agilizar esta tarea, esta propuesta incluye una serie de ayudas para la creación de este tipo de entornos. Entre estas ayudas, se incluye la incorporación de: criterios y reglas de adaptación que los diseñadores podrán utilizar por omisión para la configuración de sus entornos; un análisis de las interacciones realizadas por distintos usuarios, que se utilizará para proporcionar recomendaciones a usuarios en función de las acciones de usuarios con rasgos similares; una herramienta de autor para facilitar la especificación de los distintos elementos, entre otros. De esta manera, es posible reducir el tiempo y el esfuerzo empleado por los creadores de estos entornos.

Este mecanismo de recomendación ha sido aplicado dentro del campo de la enseñanza como área de aplicación de esta propuesta. A continuación, se presentan los objetivos específicos del mecanismo de recomendación, cuáles son los elementos principales que maneja y cuáles son las bases de su funcionamiento. Por último, se describe el conjunto de ayudas ofrecidas a los autores para la creación de entornos adaptativos de recomendación basados en información contextual.

3.1. Objetivo

Por una parte, desde el punto de vista del usuario del entorno, el mecanismo de recomendación propuesto en esta tesis se encarga de gestionar información de actividades, usuarios y grupos en un entorno web al que los usuarios se conectan a través de distintos dispositivos, con el objetivo de proporcionar recomendaciones a usuarios con distintas características en diferentes contextos. Por otra parte, desde el punto de vista del creador del entorno, el objetivo es facilitar la labor de creación y configuración de entornos adaptativos ubicuos a los diseñadores.

El mecanismo de recomendación debe ser capaz de adaptar y/o recomendar las actividades más adecuadas para cada usuario dependiendo de su situación particular incluyendo sus características personales (p.e. nivel de conocimientos, idioma o estilo de aprendizaje), acciones mientras se encuentra interactuando con el entorno (p.e. actividades realizadas, resultados obtenidos en los ejercicios) y su contexto actual (localización física, tiempo del que dispone y dispositivo utilizado). Este mecanismo irá actualizando en cada paso el grado de recomendación de cada una de las actividades a realizar.

Para poder realizar la recomendación y adaptación de actividades y espacios de trabajo a distintos usuarios y grupos es necesario almacenar información sobre: i) los propios usuarios y grupos, ii) las actividades, contenidos multimedia y herramientas

asociadas, y iii) los criterios a utilizar para realizar la recomendación y adaptación de los distintos elementos.

En esta propuesta, el conjunto de actividades a recomendar a cada usuario es generado y adaptado dinámicamente, seleccionando en cada paso las actividades más adecuadas para cada usuario, la guía de navegación ofrecida (orden de realización de las actividades y organización de las mismas) y los contenidos multimedia y herramientas presentados al usuario para dar soporte a la realización de cada una de las actividades. Más específicamente, el mecanismo de adaptación propuesto permite:

- La **inclusión o exclusión de actividades** dependiendo de ciertas características personales de los usuarios, acciones realizadas anteriormente o situación en la que se encuentran. Por ejemplo, dentro de ámbitos educativos, un profesor podría incluir una actividad de introducción a la materia para los estudiantes que cursen por primera vez una asignatura y, sin embargo, no considerar que esta actividad sea apropiada para alumnos que cursan por segunda vez la asignatura. Otro ejemplo sería proponer actividades de refuerzo sólo a estudiantes con dificultades en la asimilación de determinados conceptos.
- La **agrupación de actividades relacionadas** en estructuras organizativas, pudiendo definir características comunes a todas ellas, como por ejemplo, información de los usuarios que se va a utilizar para la adaptación de dichas actividades, idioma(s) que se utilizará(n) en los contenidos asociados a las actividades, roles que podrán tener los estudiantes en las actividades colaborativas o características generales de composición de grupos de trabajo, tales como su tamaño o si la agrupación se realizará de forma automática.
- La **organización de actividades** de una estructura determinada, la cual puede variar en función de los distintos tipos de usuario a quienes estén dirigidas cada una de las actividades. Para la organización de las actividades se utilizarán los rasgos de adaptación definidos al agrupar actividades relacionadas.
- La adaptación de la **guía de navegación** ofrecida a los usuarios cuando se encuentran realizando un conjunto de actividades relacionadas entre sí, de tal manera que puedan ser guiados de una forma directa a través de las mismas, o puedan elegir el orden de realización de las mismas. Esta guía de navegación puede ser igual para todos los usuarios, o puede variar en función de alguna de sus características personales, de su comportamiento o de su contexto actual. Por ejemplo, si los usuarios tienen un estilo de aprendizaje secuencial (prefieren estudiar o ver la información de una manera ordenada), puede ser aconsejable ofrecerles una guía más directa, mientras que a los usuarios con estilo de aprendizaje global (prefieren tener primero una visión global de la información antes de profundizar en cada aspecto), podría ser más apropiado permitir una mayor flexibilidad de la guía, ofreciéndoles la posibilidad de elegir qué actividad quieren realizar en cada momento.

- La especificación de **recomendaciones generales** relacionadas con la (in)conveniencia de ciertos tipos de actividades en distintos contextos. Estas recomendaciones pueden variar incluso para distintos conjuntos de actividades dependiendo de las características de los estudiantes en contextos iguales. Por ejemplo, si un estudiante tiene estilo de aprendizaje reflexivo y no dispone de tiempo suficiente para realizar actividades, podría considerarse inapropiado proponerle actividades cuyo tiempo de realización es elevado, como ejercicios de respuesta libre o prácticas de programación. Otro ejemplo podría ser el caso de un usuario utilizando su teléfono móvil; en esta situación, no tendría sentido proponer actividades cuyos contenidos no sean apropiados para mostrarlos en este tipo de dispositivo. Sin embargo, sí tendría sentido realizar *tests* o enviar y recibir mensajes de sus compañeros de trabajo.
- La inclusión/exclusión de actividades con **requisitos particulares** de realización. Estos requisitos pueden estar relacionados con las características personales de los usuarios, con sus acciones, con la situación en la que se encuentran, o con una determinada fecha de inicio. Por ejemplo, es posible plantear una actividad en un laboratorio sólo para los usuarios que se encuentran en el mismo. En este caso, si el usuario no se encuentra físicamente en ese laboratorio, la actividad no se le propondrá.
- El establecimiento de **dependencias** entre actividades, siendo necesaria la realización de ciertas actividades para poder realizar las siguientes. Por ejemplo, para poder realizar actividades prácticas es necesario conocer los conceptos asociados y cómo se aplican en los casos prácticos.
- La **gestión de grupos de usuarios y actividades colaborativas**, de tal manera que las actividades síncronas colaborativas se proponen a los usuarios sólo si el resto de los miembros del mismo grupo están conectados a la vez. En el caso de colaboraciones asíncronas, dichas actividades no se propondrán a los usuarios que estén esperando a que su(s) compañero(s) les envíe(n) algún tipo de trabajo.
- La **generación de espacios de trabajo** adaptados a las actividades y a los usuarios que la realizan, incluyendo la selección de los **contenidos** más adecuados para cada una de las actividades de acuerdo a las características del usuario y del dispositivo utilizado en cada momento y la elección de las **herramientas** que se facilitarán a los estudiantes para llevar a cabo las actividades colaborativas e interactuar entre los miembros de los grupos de trabajo.

3.2. Bases del Mecanismo de Recomendación

Para poder adaptar todos los aspectos presentados en la sección anterior, es necesario gestionar información sobre cada uno de los elementos básicos que maneja el mecanismo de recomendación: usuarios, grupos, actividades, conjuntos de actividades, recursos,

herramientas, y capacidades de adaptación. A continuación se explicará detalladamente cada uno de los elementos involucrados en este mecanismo de recomendación así como la información necesaria sobre cada uno para poder realizar la adaptación de actividades y espacios de trabajo a los distintos usuarios y grupos.

3.2.1. Usuarios y grupos

Con el fin de adaptar las actividades y los espacios de trabajo para cada una de las actividades a cada usuario y grupo, es necesario almacenar información sobre los usuarios que las llevarán a cabo y sobre los grupos de trabajo en el caso de la existencia de actividades colaborativas. Estos datos constituirán los modelos de usuario y de grupo respectivamente.

Dentro de estos modelos, se puede considerar cualquier rasgo del usuario cuyos posibles valores puedan representarse a través de un conjunto de valores discretos (numéricos o estereotipos) o mediante intervalos de valores en el caso de datos numéricos. Algunos ejemplos de rasgos de adaptación utilizados en el área de la enseñanza son si el estudiante cursa por primera vez una materia, su nivel de conocimientos previo, las distintas dimensiones del estilo de aprendizaje del usuario, el porcentaje de aciertos en los ejercicios realizados hasta el momento, el lugar donde se encuentra, el dispositivo utilizado o el tiempo que tiene disponible para realizar las actividades. En la tabla 3.1 se muestran ejemplos de distintos rasgos de adaptación establecidos para un ejemplo concreto junto con sus posibles valores. Como se puede observar, hay rasgos numéricos como el porcentaje de aciertos en los ejercicios o el tiempo disponible y rasgos cuyos valores se representan a través de estereotipos.

Tabla 3.1. Ejemplo de rasgos de adaptación

Rasgo	Posibles Valores
inicio	nuevo, repetidor
conocimiento	básico, avanzado
estilo_aprendizaje_dim1	activo, reflexivo
estilo_aprendizaje_dim2	visual, verbal
estilo_aprendizaje_dim3	sensorial, intuitivo
estilo_aprendizaje_dim4	secuencial, global
% aciertos en ejercicios	[0,100]
lugar	casa, clase, laboratorio, otros, cualquiera
dispositivo	pc, pda, portátil, teléfono
tiempo	[0,∞)

La información almacenada en el modelo de usuario puede clasificarse en cuatro tipos distintos de información:

- Información personal: Esta información se considera relativamente estable a lo largo del tiempo. Algunos ejemplos de estos rasgos incluyen:
 - Datos personales del usuario como su nombre, dirección postal, dirección de correo electrónico, dirección de su página web y número de teléfono fijo o móvil.
 - Sus características personales como el idioma preferido, edad, nivel de conocimientos previos sobre la materia (básico, avanzado), género (masculino, femenino) o estilo de aprendizaje [Felder88].
- Preferencias: como el tipo de información deseada (detallada, general).
- Acciones: Información sobre el comportamiento del usuario mientras se encuentra realizando actividades, por ejemplo, cuáles ha empezado, qué actividades ha terminado, los resultados obtenidos en cada una de ellas, el tiempo dedicado en cada una de ellas, el orden en el que las ha realizado, etc.
- Contexto: El contexto considerado incluye información relativa a su localización física (clase, laboratorio, casa, otros, cualquiera), el tiempo disponible para realizar actividades y el dispositivo utilizado (PDA, ordenador personal, ordenador portátil o teléfono móvil).

Por otro lado, para poder adaptar las actividades colaborativas a los distintos grupos de trabajo es necesario también almacenar información relacionada con:

- Los miembros que componen cada grupo.
- El listado de actividades a realizar por un determinado grupo.
- Actividades realizadas, tiempo empleado en su realización y resultados obtenidos en cada una de ellas (si corresponde).
- El rol de cada uno de los usuarios en cada una de las actividades asociadas al grupo (si existen roles definidos).
- Estado de cada usuario en cada una de las actividades: si está esperando a que sus compañeros le envíen algún tipo de material, o si se encuentran listos para realizar la actividad.
- Sus opiniones sobre distintos aspectos de las actividades colaborativas realizadas (si procede); por ejemplo, cómo funcionó el grupo o compañeros con los que sí/no le gustaría volver a colaborar.

Toda esta información constituirá el modelo de grupo.

3.2.2. Actividades, contenidos y herramientas colaborativas

Como se ha comentado anteriormente, en los entornos a cuya generación se da soporte en esta propuesta, los usuarios pueden realizar distintas actividades individuales o colaborativas, las cuales pueden estar relacionadas entre sí. Un **entorno** consiste en: un conjunto de actividades, relacionadas con un tema, que se recomendarán a usuarios en distintas situaciones; un conjunto de contenidos y herramientas que se combinarán para dar lugar a espacios de trabajo en los que los usuarios podrán realizar dichas actividades; y un conjunto de parámetros y criterios de adaptación. Para cada entorno se definen una serie de características generales como: i) idiomas a los que se dará soporte en el entorno (contenidos, interfaz), ii) descripciones del propio entorno en los distintos idiomas que se hayan especificado, iii) rasgos de los usuarios que se van a tener en cuenta para realizar la recomendación de actividades y adaptación de espacios de trabajo, iv) actividades a realizar, v) roles que los estudiantes pueden tener en las actividades colaborativas, y vi) características generales de los grupos de trabajo, como por ejemplo si los estudiantes serán agrupados de forma automática, el tamaño de los grupos de trabajo o el conjunto de herramientas que se facilitarán a los estudiantes para poder interactuar entre sí y realizar las actividades colaborativas.

Un ejemplo de un entorno de este tipo sería aquel en el que se realizan actividades básicas de “*Informática General*”. Entre estas actividades se encuentran algunas relacionadas con el tema “*Álgebra de Boole*” (ver tabla 3.2.). En estas actividades, los estudiantes deberán: estudiar los conceptos básicos sobre Álgebra de Boole; ver ejemplos de tablas de verdad y puertas lógicas; interactuar con *applets* que les permitirán hacer simulaciones sobre operaciones booleanas, puertas lógicas (and, or, nand, not, xor) y circuitos más complejos; descargar el material docente que el profesor de la asignatura ha puesto a disposición de los alumnos; hacer un test relacionado con una determinada práctica, realizar un circuito lógico de forma colaborativa y practicar con dos colecciones de ejercicios tipo test y de respuesta libre sobre el tema.

Como también se puede observar en la tabla 3.2., los contenidos de estas actividades estarán disponibles en dos idiomas: español e inglés. Además, en cada grupo de trabajo que se constituirá para desarrollar actividades colaborativas, uno o varios estudiantes podrán tener asignado el rol de líder del grupo. Estos grupos de trabajo se formarán automáticamente y estarán constituidos por tres o cuatro personas. Por último, los rasgos que se considerarán para la adaptación de las actividades de este conjunto serán el nivel de conocimientos previo de los usuarios (básico, avanzado), si el usuario aborda por primera vez esta materia (nuevo, repetidor), si su estilo de aprendizaje es visual o verbal, el tiempo disponible para realizar actividades (de cero minutos a un día), el dispositivo utilizado (PDA, ordenador portátil, ordenador personal o teléfono móvil), y los lugares en los que un

estudiante puede encontrarse mientras realiza actividades de este conjunto (casa, clase de teoría, laboratorio de prácticas u otro lugar).

Tabla 3.2. Ejemplo de la información general almacenada para un entorno

CARACTERÍSTICA	VALORES
Idiomas	español, inglés
Descripciones	Informática General, General Computing
Rasgo	
conocimiento_previo	básico, avanzado
inicio	nuevo, repetidor
estilo_aprendizaje_dim2	visual, verbal
tiempo	[0,1440]
dispositivo	pda, portatil, pc, telefono
lugar	casa, clase, laboratorio, otros
Actividades	BooleA, BA_Theo, BA_Sim, BA_Example, BA_Mat, BA_Circuits, BA_Build_Circuits, BA_Operations, BA_Gates, Test_Práctica1, BA_And, BA_Or, BA_Nand, BA_Not, BA_Xor, Set_Tests, Set_Exers
Roles	líder, otros
Grupos de trabajo	
agrupación automática	sí
tamaño mínimo	3
tamaño máximo	4

En general, las **actividades** que se pueden realizar en estos entornos, pueden ser de varios tipos:

- Actividades individuales, tales como leer o estudiar unos contenidos concretos, observar un ejemplo, repasar contenidos, interactuar con una simulación, realizar ejercicios de respuesta libre o responder a preguntas tipo test.
- Actividades colaborativas, como llevar a cabo discusiones sobre un tema, resolver ejercicios de forma colaborativa o realizar trabajos prácticos en grupo.
- Otras actividades relacionadas con más de un usuario y que pueden ser generadas dinámicamente, como envío y descarga de ficheros con el material que se va a explicar en clase, envío y recepción de mensajes entre compañeros o solicitud de tutorías.
- Actividades externas que se realizarán a través de otros sistemas.

Todas estas actividades son actividades atómicas, es decir, no se descomponen en actividades más simples. Dentro de estos entornos, también habrá actividades compuestas cuyo principal objetivo sea agrupar conjuntos de actividades, por ejemplo, aquellas que pertenezcan a un mismo concepto.

La información necesaria para describir cada una de las actividades, es la siguiente: tipo de actividad (teoría, ejemplo, simulación, ejercicio tipo test, ejercicio de respuesta libre, repaso, tarea a desarrollar colaborativamente, envío/recepción de mensajes, ...); una

descripción de la actividad por cada uno de los idiomas especificados en las características generales del entorno a la que pertenece; fecha de finalización de la actividad ó plazo límite (si procede); tiempo mínimo estimado de realización de la actividad (si existe) y tiempo máximo que el estudiante puede tardar en realizar la actividad desde su inicio (si procede).

Además, cada actividad puede tener asociados **contenidos multimedia**. Los contenidos multimedia asociados a cada actividad pueden variar dependiendo del tipo de la misma, del tipo de dispositivo para el cuál están diseñados, del estilo de aprendizaje del alumno y/o de otras características personales. En el caso de actividades teóricas o de ejemplos, los contenidos podrán ser fragmentos *HTML*, *XML* o ficheros *pdf* con explicaciones sobre un concepto o casos de ejemplos a observar. En los ejercicios, los contenidos serán el enunciado del problema a solucionar. En las simulaciones, se pueden incluir *applets* con los que los usuarios podrán interactuar para observar distintos comportamientos del problema. En los mensajes enviados entre compañeros del mismo grupo de trabajo, los contenidos serán el cuerpo del mensaje a enviar. Y por último, en los envíos o descargas de ficheros de material, los contenidos serán el propio fichero. Independientemente del tipo de actividad, cada uno de los contenidos podrá contener distinto tipo de material, como imágenes, texto, vídeos o sonidos, entre otros. Un mismo contenido puede estar asociado a distintas actividades.

Una misma actividad puede tener asociadas distintas versiones de contenidos adaptadas a distintos atributos del modelo de usuario o del modelo de grupo. El diseñador puede definir diferentes contenidos dependiendo del tipo de dispositivo utilizado por el usuario. Por ejemplo, en una determinada actividad, el diseñador podría definir distintos contenidos, unos para el caso en el que el usuario utilice un ordenador personal o portátil y otros para cuando se conecte con una PDA. En este caso, lo más usual es que los contenidos mostrados a los usuarios si utilizan una PDA se encuentren más sintetizados o se muestre la misma información que cuando se utiliza un ordenador personal pero dividiéndola en varias páginas para que el usuario pueda visualizar dichos contenidos de una forma más cómoda.

Por último, se pueden definir distintas versiones de contenidos dependiendo de parámetros como la dimensión visual-verbal de los estilos de aprendizaje de los alumnos [Felder88]. En determinadas actividades, puede ser útil disponer de dos versiones distintas, una para estudiantes con estilo de aprendizaje visual donde las explicaciones serán más esquemáticas y contendrán más dibujos y gráficos, y otra con explicaciones textuales más extensas para los estudiantes con estilo de aprendizaje verbal. Además, se pueden ofrecer distintas explicaciones dependiendo de la experiencia del usuario adaptando el vocabulario o el tipo de expresiones de las distintas versiones de contenidos.

En el caso de actividades colaborativas, aparte del enunciado de la tarea a desarrollar en grupo, tienen asociadas una o varias herramientas colaborativas (ya sean síncronas o asíncronas) para facilitar la comunicación e interacción entre miembros del mismo grupo de trabajo. Las herramientas colaborativas disponibles se pueden combinar de tal manera que tanto el enunciado como las propias herramientas se adapten a las características de los usuarios y grupos. Esta adaptación se realiza mediante reglas de adaptación que serán descritas detalladamente al final de la sección siguiente.

3.2.3. Reglas de adaptación

Las reglas de adaptación definen cómo adaptar las actividades a los distintos usuarios y grupos teniendo en cuenta los rasgos definidos tanto en el modelo de usuario como en el del grupo, así como las características de las actividades. Hay cuatro posibles formas de realizar la adaptación de las distintas actividades:

- Definir **qué actividades van a formar parte de una actividad compuesta**, así como las **relaciones** que existen entre estas subactividades. De este modo, una misma actividad puede descomponerse en diferentes subactividades y la guía de navegación ofrecida entre las subactividades puede ser la misma para todos los estudiantes o distinta dependiendo de a qué tipo de estudiantes vayan orientadas las actividades, e incluso del contexto en el que se encuentren. Por ejemplo, podría considerarse adecuado proponer a los estudiantes que no tienen conocimientos previos que sean guiados directamente a través de un conjunto de actividades, mientras que para los estudiantes con un mayor nivel de conocimientos se podría considerar más conveniente que pudiesen navegar libremente a través de las actividades y que las realizaran en el orden que prefirieran. También podría considerarse necesario incluir actividades básicas extra para los estudiantes que cursan por primera vez la asignatura (p.e. practicando con simulaciones o realizando pequeños ejercicios individuales) antes de empezar a realizar actividades colaborativas con otros estudiantes.
- Especificar qué **tipos de actividades** deben proponerse o no en **contextos concretos** a determinado **tipo de estudiantes**. Por ejemplo, si el usuario está en clase con su PDA encendida, no tiene sentido que realice una actividad colaborativa síncrona, ya que debe participar en clase y prestar atención a los comentarios del profesor y del resto de sus compañeros. Sin embargo, si el profesor realiza a los estudiantes una pregunta y les pide que utilicen su PDA durante una clase de teoría, es lógico que sus respuestas puedan ser inmediatamente enviadas y analizadas para presentar los resultados estadísticos en ese instante. Esta última posibilidad podría ser también útil en el caso que los estudiantes no pudieran asistir a clase, de esta manera no se perderían la clase, ya que podrían contestar a las preguntas propuestas por el profesor.

Además, podría ser interesante proponer diferentes tipos de actividades a estudiantes con diferentes características incluso aunque se encuentren en la misma situación, dependiendo de parámetros como sus características personales o necesidades. Por ejemplo, podría considerarse adecuado proponer actividades de repaso y ejercicios individuales a estudiantes con estilo de aprendizaje activo que están viajando en transporte público y su trayecto dura veinte minutos, mientras que puede considerarse inadecuado proponer este tipo de actividades a estudiantes con estilo de aprendizaje reflexivo en la misma situación.

- Asociar **requisitos del contexto del usuario** a la realización de ciertas actividades. Por ejemplo, un profesor puede proponer actividades que deban realizarse en el laboratorio para verificar que los estudiantes han realizado un determinado trabajo práctico o porque quiere considerar los resultados obtenidos durante la realización de la actividad como parte de la calificación final del estudiante. Otro ejemplo sería que una actividad concreta requiriera que los estudiantes dispusieran de un tiempo determinado que podría ser distinto dependiendo de alguna característica personal como por ejemplo, el nivel de conocimientos del alumno.
- Establecer **requisitos específicos** para el desarrollo de una actividad. Estos requisitos pueden depender de que se hayan realizado determinadas actividades previamente o de una determinada fecha de inicio. Por ejemplo, podría ser necesario especificar que una actividad debe realizarse después de otra, en el caso de un determinado ejercicio para el cual el estudiante debe haber aprendido los conceptos relacionados antes; o realizar ejercicios más complejos después de actividades con ejemplos, ejercicios y simulaciones.
- Especificar **distintas configuraciones para los espacios de trabajo** en el caso de actividades colaborativas. Los espacios de trabajo colaborativos están formados por el enunciado de la actividad y un conjunto de herramientas a utilizar para la resolución de la misma. Por ejemplo, puede ser adecuado proponer distinto enunciado a los estudiantes de acuerdo a su nivel de conocimientos en la materia, de manera que a los estudiantes con nivel de conocimientos básico se les puede proponer realizar una actividad a priori más fácil que la que se les puede plantear a los estudiantes avanzados. Además, podría ser útil que dependiendo del estilo de aprendizaje de los alumnos, se propusieran distintas herramientas colaborativas, siempre que las actividades permitan esta variación. Por ejemplo, para los estudiantes con estilo de aprendizaje visual, los cuales comprenden mejor lo que se está explicando a través de gráficos o imágenes, se les puede componer un espacio de trabajo colaborativo que lleve integrado un editor gráfico colaborativo, mientras que a los estudiantes con estilo de aprendizaje verbal, puede considerarse más apropiado proporcionarles un editor textual como herramienta principal para la resolución de la actividad.

Cada una de estas posibilidades de adaptación se encuentra representada por un tipo distinto de regla: **reglas estructurales**, **filtros generales de contexto**, **reglas de requisitos individuales** y **reglas de adaptación para actividades colaborativas**. Esta información se encuentra almacenada junto con la información de las actividades.

Las reglas de adaptación pueden tener asociadas condiciones de activación, relacionadas con información sobre los usuarios. Si una regla no tiene condición de activación se aplicará automáticamente. En caso contrario, es necesario que la condición se satisfaga para que la regla se active.

Para todos los tipos de reglas de adaptación, las condiciones de activación pueden ser simples o compuestas. Una condición está definida por un nombre de atributo y un valor constante con el que se comparará, a través de un operador de relación, el valor de dicho atributo en el modelo de usuario del estudiante. En el caso de atributos numéricos, el operador de relación podrá ser el de igualdad, mayor, mayor e igual, menor o menor igual. Sin embargo en el caso de atributos cuyo valor sea de tipo discreto (ya sea numérico o estereotipo) el operador de relación a utilizar será siempre el de igualdad. Las condiciones compuestas tienen condiciones anidadas, que a su vez pueden ser simples o compuestas. Para definir relaciones entre las condiciones anidadas se pueden utilizar dos clases de operadores: “y” u “o”. Estos operadores especificarán qué condiciones anidadas es necesario que se satisfagan para que la condición compuesta se cumpla. Si se utiliza el operador “y” para relacionar varias condiciones anidadas, es necesario que se cumplan cada una de las condiciones anidadas para que la condición de activación compuesta se satisfaga. Por el contrario, si se utiliza el operador “o”, sólo es necesario que una de las condiciones anidadas se cumpla para que la condición de activación compuesta se satisfaga. Además, pueden especificarse condiciones negativas, en las que una regla se activa cuando no se cumple una determinada condición, ya sea simple o compuesta.

Los criterios de adaptación pueden combinarse de diferentes maneras en función de las características personales de los usuarios y del contexto en el que se encuentren. En la tabla 3.3. se muestra un cuadro resumen con posibles combinaciones de criterios que pueden establecerse en las condiciones de las reglas de adaptación. Para usuarios con las mismas características se puede ofrecer la misma recomendación (combinación ①) o recomendaciones distintas en función del contexto en el que se encuentran (combinación ④). Otra situación sería cuando hay usuarios con distintas características pero que se encuentran en un mismo contexto. En esta caso, se podría ofrecer la misma recomendación independientemente de las características personales de cada usuario (combinación ②) u ofrecer distintas recomendaciones dependiendo de sus rasgos personales (combinación ③). Por último, puede haber usuarios con distintas características personales que se encuentren a su vez en distintos contextos. En esta situación, se podrían

ofrecer las mismas recomendaciones para todos los usuarios independientemente de su contexto y de las características personales (combinación ⑥) o hacer recomendaciones adaptadas a su perfil y contexto en el que se encuentran (combinación ⑤).

Tabla 3.3. Resumen de las posibles combinaciones de criterios de adaptación

Id	Cond. Usuario	Cond. Contexto	Recomendación
①	Perfil1	Contexto1a	Recomendación1
		Contexto1b	
②	Perfil2a	Contexto2	Recomendación2
	Perfil2b		
③	Perfil3a	Contexto3	Recomendación3a
	Perfil3b		Recomendación3b
④	Perfil4	Contexto4a	Recomendación4a
		Contexto4b	Recomendación4b
⑤	Perfil5a	Contexto5a	Recomendación5a
	Perfil5b	Contexto5b	Recomendación5b
⑥	Perfil6a	Contexto6a	Recomendación6
	Perfil6b	Contexto6b	

En la tabla 3.4., se muestran dos ejemplos de condiciones de activación simples y compuestas que pueden utilizarse en las reglas de adaptación. La condición de activación ①, define una condición compuesta por varias condiciones anidadas. Esta condición será satisfecha en el caso que el estudiante se encuentre en casa o en lugares distintos a la clase de teoría y el laboratorio de prácticas, y además, sea un estudiante con nivel de conocimientos básico y disponga de más de media hora ó que sea un estudiante con nivel de conocimientos avanzados pero con más de un cuarto de hora disponible. La condición ② es una condición simple que indica que el estudiante debe estar utilizando su teléfono móvil.

Tabla 3.4. Ejemplos de condiciones de activación simples y compuestas

Id	Cond. Usuario	Cond. Contexto
①	conocimiento_previo=basico	tiempo>30 Y (lugar=casa O lugar=otros)
	conocimiento_previo=avanzado	tiempo>15 Y (lugar=casa O lugar=otros)
②		dispositivo = teléfono

Las reglas estructurales, los filtros generales de contexto, las reglas de requisitos individuales y las reglas de adaptación para actividades colaborativas, pueden tener asociadas condiciones de este tipo, ya sean simples o compuestas. A continuación se describe con más detalle cada uno de estos tipos de reglas.

Reglas estructurales

Las reglas estructurales indican la manera en que se descomponen las actividades compuestas, así como la flexibilidad de la guía de navegación ofrecida a los distintos usuarios durante la realización de las subactividades, incluyendo el orden en el que los usuarios tendrán que realizar las subactividades en el caso que la guía sea directa. Una actividad puede descomponerse de distintas formas, e incluso la guía de navegación ofrecida entre las subactividades puede ser distinta dependiendo del usuario a quien esté dirigida. Una versión de este tipo de reglas se ha utilizado previamente para describir cursos adaptativos web [Carro01]. Cada una de las reglas estructurales consta de:

- Una actividad compuesta.
- Actividades en las que se divide la actividad compuesta.
- La secuencia que indica cuál es el modo de navegación ofrecido a los estudiantes para la realización de las distintas subactividades. Los modos de secuenciación permitidos son: guía directa y guía flexible. Si la guía es “directa”, los estudiantes realizarán las actividades en el orden especificado; una guía “flexible”, la cual indica que no existe una guía específica en la realización de las subactividades y por tanto, los estudiantes podrán realizarlas en cualquier orden.
- Condición de activación de la regla, relacionada con la información personal de los usuarios, su contexto y/o acciones. Si la regla no tiene asociada ninguna condición de activación siempre se activará, mientras que si tiene condición es necesario que ésta se satisfaga para que la regla se active. Cuando una regla se activa, entonces las actividades en la parte derecha de la regla pasan a estar disponibles para el usuario.

En la tabla 3.5 se muestra un ejemplo de reglas estructurales. En esta tabla se encuentran definidas cinco reglas estructurales sobre tres actividades compuestas distintas: “Álgebra de Boole” (*BooleA*), simulaciones (“*BA_Sim*”) y puertas lógicas (“*BA_Gates*”).

Las reglas ① y ② definen dos maneras distintas en las que se puede descomponer la actividad del álgebra de Boole (*BooleA*) dependiendo de si el estudiante que la realiza repite la materia o es la primera vez que la cursa. Los estudiantes que cursen por primera vez la materia deberán realizar cuatro actividades (ver regla ①): estudiar la teoría del álgebra de Boole (*BA_Theo*), ver ejemplos sobre tablas de verdad y puertas lógicas (*BA_Example*), interactuar con *applets* que contienen simulaciones (*BA_Sim*) y construir circuitos lógicos

mediante un editor gráfico colaborativo (*BA_Build_Circuits*). Además, según indica la guía de navegación de esta regla, los estudiantes deberán realizar las subactividades en orden estricto, tal y como se encuentra especificado en la guía de la regla. Sin embargo, a los estudiantes que cursen por segunda vez la asignatura, no se les mostrarán los ejemplos sobre tablas de verdad y puertas lógicas pudiendo realizar las subactividades en el orden en el que ellos prefieran (regla ②).

Tabla 3.5. Ejemplo de reglas estructurales

Id	Condición de Activación	Guía	Activity	Subactividades
①	inicio=nuevo	directa	BooleA	BA_Theo, BA_Example, BA_Sim, BA_Build_Circuits
②	inicio=repetidor	flexible	BooleA	BA_Theo, BA_Sim, BA_Build_Circuits
③	conocimiento_previo=basico	flexible	BA_Sim	BA_Operations, BA_Gates
④	conocimiento_previo=avanzado	flexible	BA_Sim	BA_Gates, BA_Circuits
⑤	-	directa	BA_Gates	BA_And, BA_Or, BA_Not, BA_Nand, BA_Xor

Las reglas ③ y ④ indican que la actividad que contiene las simulaciones con *applets* (*BA_Sim*) se descompondrá de dos maneras distintas dependiendo del nivel de conocimientos del estudiante que la vaya a realizar. Si el estudiante no tiene conocimientos previos, se le propondrán dos actividades: operaciones booleanas (*BA_Operations*) y puertas lógicas (*BA_Gates*). El orden de realización de las actividades será el que ellos prefieran. A los estudiantes con nivel de conocimientos avanzado se les propondrá realizar la actividad de puertas lógicas y otra sobre circuitos combinatoriales (*BA_Circuits*) pudiéndolas realizar también en el orden en que deseen.

Por último, la regla ⑤ se aplicará a todos los estudiantes de la misma forma ya que no tiene condición de activación. Esta regla indica que los estudiantes interactuarán con los *applets* que permiten simular las puertas lógicas *And*, *Or*, *Not*, *Nand* y *Xor* en ese estricto orden.

Filtros generales de contexto

Los filtros generales de contexto sirven para separar, del conjunto de todas las actividades, aquellas que se considera apropiado recomendar al usuario debido al contexto en el que se encuentra y aquellas que se consideran inapropiadas debido al mismo motivo. También se puede considerar sus características personales para ofrecer recomendaciones basadas en

estas características, de modo que sea posible ofrecer distintas recomendaciones a usuarios distintos incluso cuando se encuentran en el mismo contexto. Estos filtros se expresan también en términos de reglas de adaptación y constan de:

- Condición de activación, relacionada con el contexto de los usuarios. Además, esta condición de activación puede incluir referencias a características personales de los usuarios, de modo que sea posible combinar requisitos de contexto con otros requisitos, dando lugar a distintas recomendaciones para usuarios que están en la misma situación. Esta condición (simple o compuesta) tiene el mismo formato que las condiciones de las reglas estructurales.
- Tipo(s) de actividad(es) recomendada(s) o no recomendada(s) de acuerdo a la situación especificada en las condiciones de la regla.
- Recomendación que indica si las actividades del tipo anterior se deben clasificar como recomendadas o como no recomendadas en caso de cumplirse la condición de activación.

Un ejemplo de filtros generales basados en el contexto del usuario se encuentra representado en la tabla 3.6. En el primer filtro o regla ①, se indica que las actividades teóricas, las simulaciones y las actividades colaborativas no son recomendables para los estudiantes que cumplan alguna de las siguientes condiciones personales y de contexto:

- No tienen conocimientos previos y disponen de un tiempo inferior a media hora.
- Tienen conocimientos previos pero no disponen de al menos un cuarto de hora.

Tabla 3.6. Ejemplo de filtros generales de contexto

Id	Condición de Activación	Rec.	Tipo
①	(conocimiento_previo=básico) Y (tiempo<30)	No	Teoría
	O		Simulación
	(conocimiento_previo =avanzado) Y (tiempo<15)		Colaborativas
②	(conocimiento_previo =básico) Y (tiempo<30)	Sí	Repaso
	O		Material
	(conocimiento_previo =avanzado) Y (tiempo<15)		
③	-	Sí	Mensajes

Sin embargo, la regla ② indica que para los mismos estudiantes en las mismas situaciones, las actividades de repaso y de descarga de material docente si son adecuadas. Por último, la regla ③ indica a todos los estudiantes se les recomendarán las actividades relacionadas con el envío y recepción de mensajes independientemente de cualquier característica personal o de contexto del usuario.

Reglas de requisitos individuales

Las reglas de requisitos individuales especifican restricciones de realización para una determinada actividad. Son reglas muy sencillas que constan de:

- Condición de activación asociada a la realización de la actividad y que puede estar relacionada con cualquier característica almacenada en el modelo del usuario o en el modelo de grupo (p.e. número mínimo de usuarios necesarios para poder realizar la actividad, previa realización de una o varias actividades relacionadas, fecha de activación de la actividad o condiciones del contexto de los usuarios, entre otros).
- Actividad que tiene la restricción de realización.

Tabla 3.7. Ejemplo de reglas de requisitos individuales

Id	Condición de Activación	Actividad
①	(lugar = laboratorio) Y (fecha=2008.05.20 15:00)	Test_Práctica1
②	tiempo >= 10	BA_Operations
③	(conocimiento_previo = basico) Y (tiempo >= 30) O (conocimiento_previo = avanzado) Y (tiempo >= 15)	BA_Build_Circuits

En la tabla 3.7. se muestra algunos ejemplos de varias reglas de requisitos individuales. La primera regla indica que hay una actividad que es un ejercicio tipo test, relacionado con las prácticas, que debe ser realizado por los estudiantes en el laboratorio de prácticas y justo en una determinada fecha. La regla ② está asociada a la actividad de operaciones booleanas (*BA_Operations*). Dicha actividad requiere que los estudiantes tengan un tiempo disponible mínimo de diez minutos. Por último, la regla individual ③ indica que para poder realizar la actividad colaborativa de construcción de circuitos lógicos (*BA_Build_Circuits*), los estudiantes deben disponer de un tiempo mínimo, el cual será distinto de acuerdo a su nivel de conocimientos: los estudiantes con nivel de conocimientos básico deberán disponer de al menos media hora para poder realizarla, mientras que los estudiantes avanzados deberán disponer de un mínimo de quince minutos.

Reglas de adaptación para espacios de trabajo colaborativos

Cada espacio de trabajo colaborativo estará formado por el enunciado de la actividad a realizar, las herramientas principales a utilizar (que constituirán la interfaz principal) y herramientas adicionales situadas en una interfaz secundaria que serán ofrecidas a los estudiantes como apoyo a la realización de la actividad. Con el objetivo de proveer espacios de trabajo colaborativos adecuados a cada uno de los grupos de trabajo para dar soporte a

la realización de las distintas actividades colaborativas, se pueden definir reglas que especifiquen los criterios para la generación de dichos espacios de trabajo. Las condiciones de activación de estas reglas indican los requisitos que se deben cumplir para generar el correspondiente espacio de trabajo colaborativo. Estas condiciones pueden estar relacionadas con cualquier rasgo almacenado en el modelo de usuario o en el modelo de grupo. De este modo, es posible crear distintos espacios de trabajo orientados las necesidades de distintos tipos de usuarios, incluso para resolver la misma tarea.

Existen dos tipos de reglas de adaptación para las actividades colaborativas: **reglas de espacios de trabajo** y **reglas de herramientas colaborativas**. Ambos tipos de reglas se han utilizado previamente en la generación de espacios de trabajo colaborativos en cursos adaptativos web dentro del sistema COL-TANGOW [Carro03b].

Las reglas de espacios de trabajo colaborativos especifican qué enunciado y que conjunto de herramientas utilizarán los estudiantes para realizar una determinada actividad colaborativa. Estas reglas están definidas por:

- El identificador de la actividad colaborativa.
- El enunciado de la actividad que se les propondrá a los estudiantes.
- El conjunto de herramientas a utilizar para el desarrollo de esta actividad.
- Su condición de activación.

En la tabla 3.8 se muestra un ejemplo de posibles reglas de espacios de trabajo colaborativos. Como se puede ver, se encuentran definidas dos reglas, cada una de las cuales especifica una configuración distinta para los espacios de trabajo colaborativos presentados a los estudiantes en la actividad de construcción de circuitos lógicos de acuerdo a su nivel de conocimientos. Estas reglas especifican que los estudiantes con nivel de conocimientos básico tendrán un enunciado distinto al que se les presentará a los estudiantes avanzados. Sin embargo, todos los estudiantes utilizarán a priori el mismo conjunto de herramientas colaborativas para la resolución de dicha actividad.

Tabla 3.8. Ejemplo de reglas de espacios de trabajo colaborativos

Id	Condición de Activación	Act. Colaborativa	Enunciado	Conj. Herramientas
①	conocimiento = basico	BA_Build_Circuits	CircuitsBas	H1
②	conocimiento = avanzado	BA_Build_Circuits	CircuitsAv	H1

Por otro lado, las reglas de herramientas colaborativas definen, a partir de un conjunto de herramientas disponibles, cuáles son las herramientas específicas más adecuadas para cada grupo de estudiantes. Estas reglas constan de:

- Condición de activación, relacionada con características del usuario o del grupo.

- Conjunto de herramientas.
- Herramientas que conforman el conjunto anterior en los casos indicados en la condición de activación.

Algunos ejemplos de reglas de herramientas colaborativas se presentan en la tabla 3.9. Como se puede observar, para el conjunto de herramientas *H1* que será el que los estudiantes utilicen en la realización de la actividad de construcción de un circuito lógico (*BA_Build_Circuits*), las herramientas colaborativas mostradas en la interfaz principal (*MainH1*) serán distintas dependiendo de la dimensión visual-verbal del estilo de aprendizaje de los estudiantes. Para los estudiantes con estilo de aprendizaje visual, la herramienta mostrada en la interfaz principal serán un editor gráfico colaborativo (regla ② de la tabla 3.9). Sin embargo a los estudiantes con estilo de aprendizaje verbal, se les ofrecerá un editor de texto junto al editor gráfico colaborativo (regla ③ de la tabla 3.9). En la interfaz secundaria del espacio de trabajo generado para todos los estudiantes, se ofrecerá un cliente de correo electrónico y un *chat* como herramientas adicionales (regla ① de la tabla 3.9.).

Tabla 3.9. Ejemplo de reglas de herramientas colaborativas

Id	Condición de Activación	Conjunto	Herramientas
①	-	H1	MainH1, Email, Chat
②	estilo_aprendizaje = visual	MainH1	Graph_Ed
③	estilo_aprendizaje = verbal	MainH1	Text_Ed, Graph_Ed

3.2.4. Recomendación basada en otros usuarios

En determinadas ocasiones, no existe información suficiente sobre la adecuación de una determinada actividad para un usuario concreto que se encuentra en un contexto específico, es decir, no existen reglas de adaptación definidas para esa actividad. En este caso, se pueden realizar recomendaciones basadas en la información de otros usuarios con características similares. Por ejemplo, supongamos que existe una actividad “X” de la que no se tiene ningún tipo de información sobre su adecuación para estudiantes sin conocimientos previos. Sin embargo, se conoce que el 75% de los usuarios sin conocimientos previos realizaron dicha actividad después de realizar la actividad “Y”. En esta situación, si un usuario de este tipo acaba de finalizar la actividad “Y” y, al comprobar si “X” debe ser recomendada o no, no se encuentra información en las reglas, parece lógico recomendarle dicha actividad, ya que la mayoría de los usuarios de esta clase realizaron estas dos actividades en ese orden.

Evidentemente, para poder ofrecer este tipo de recomendaciones basadas en las acciones de otros usuarios con características y contextos similares, es necesario tener y tratar la información almacenada sobre usuarios que interactuaron con el entorno previamente. En caso de no existir información disponible para una actividad determinada, se anota dicha actividad como disponible, y se deja en manos del usuario realizarla o no.

En esta propuesta se propone la generación y utilización de grafos que representan secuencias de actividades realizadas por distintos tipos de usuarios: los nodos representan las actividades, y los arcos las secuencias seguidas, incluyendo en cada arco la probabilidad de realizar una actividad después de haber realizado otra. Así, para decidir si una actividad será recomendada a un usuario con ciertas características en un contexto determinado, se consultará el grafo correspondiente a las secuencias de actividades realizadas por usuarios de características y contextos similares. El primer paso consiste en realizar una **clasificación de usuarios** en función de los rasgos de adaptación que se tienen en cuenta en todo el entorno para ofrecer las recomendaciones. De esta manera, un usuario está definido por un vector de atributos, que puede incluir tanto rasgos personales como características de su contexto. Cada atributo del vector tendrá asignado su valor para ese usuario. En función de los posibles valores para cada atributo del vector, se obtiene un conjunto con todas las clases de usuarios. Consideremos un entorno en el que se tienen en cuenta la dimensión secuencial-global de los estilos de aprendizaje de los alumnos y el dispositivo que utilizan para realizar actividades de ese entorno, distinguiendo entre ordenador personal o portátil y dispositivo móvil (PDA o teléfono móvil). En este caso concreto, hay cuatro posibles clasificaciones del usuario: estudiante secuencial utilizando un ordenador fijo o portátil (tipo 1), estudiante secuencial utilizando una PDA o teléfono móvil (tipo 2), estudiante global utilizando un ordenador (tipo 3) y estudiante global utilizando una PDA (tipo 4). En el caso de atributos numéricos (como, por ejemplo, el tiempo disponible), los valores posibles son demasiados como para poder obtener suficientes usuarios de cada una de las categorías en función de los minutos que tienen disponibles. Por este motivo, se ha decidido agrupar por rangos los posibles valores en este tipo de atributos.

Para cada una de estas clases de usuarios, se puede obtener un **recorrido de actividades** que indica la probabilidad de realización de una determinada actividad después de haber realizado otra. El recorrido de actividades para cada clase de usuarios se obtiene analizando el orden en el que los usuarios de esta clase realizaron las actividades del conjunto. Cada recorrido de actividades contiene información sobre todas las actividades que forman parte del conjunto y cuántos usuarios de este tipo realizaron una determinada actividad después de otra. En esta propuesta, estos recorridos de actividades se han representado utilizando un modelo de Markov, donde los estados representan las

actividades del entorno y los enlaces entre las mismas indican la probabilidad de que un usuario realice la actividad en un momento determinado.

Una vez obtenidos los distintos recorridos de actividades para cada una de las clases de usuario, se puede decidir si recomendar o no una determinada actividad teniendo en cuenta el tipo de usuario involucrado, la última actividad realizada (actividad origen), la actividad sobre la que se desea obtener información (actividad destino), los recorridos entre actividades realizados por usuarios similares (pertenecientes a la misma clase), y la relación que existe entre las probabilidades de transición desde la actividad origen a las posibles actividades destino. La recomendación sobre una determinada actividad se realiza si se puede sugerir con suficiente confianza. Se considera que existe suficiente confianza sobre la probabilidad de una transición cuando la diferencia entre la probabilidad de transición de la actividad origen a la actividad destino (de la que se desea obtener información), y el resto de las probabilidades de transición entre la actividad origen y las demás actividades realizadas desde ella (excluyendo la actividad destino), es superior a un 30%. En ese caso, la actividad destino se anota como recomendada para ese usuario, ya que es mucho más probable que se realice ésta y no las otras.

En la figura 3.1., se presentan dos ejemplos sobre posibles situaciones. Se considera la actividad A como la actividad origen y B como la actividad sobre la que no se tiene información sobre la adecuación de recomendarla a un determinado usuario. En el ejemplo 1, desde la actividad A sólo hay dos posibles actividades destino: B y C. En este caso, como la probabilidad de B es mucho mayor que la probabilidad de realización de la actividad C se recomendaría esta actividad al usuario. Sin embargo, si quisiéramos saber si recomendar o no la actividad C, como la probabilidad de realizar C después de la actividad A es inferior a un 30%, no se realizaría ninguna recomendación especial al usuario sobre la actividad C.

Supongamos ahora la situación representada en el ejemplo 2, donde la actividad B tiene una probabilidad de realizarse después de la actividad A similar a la de realizar las actividades C, D, E y F desde esta misma actividad origen. Para saber si conviene recomendar B frente a las demás, se va comparando la probabilidad de realizar B después de A con la probabilidad de realizar cada una de las otras actividades destino después de A. Por ejemplo, si consideramos la actividad cuya probabilidad dista más de la probabilidad de realizar B (actividad E), la suma de ambas probabilidades es 41%; si este 41% se considera como el 100%, para comparar los porcentajes si sólo se consideran estas dos actividades, entonces los porcentajes relativos a ese 100% serían 56,1% para B (23% sobre 41%) y 43,9% para E (18% sobre 41%). Como la probabilidad de realizar B es mayor que 30%, B se recomendará al usuario. Si además, hubiera que decidir si E se recomienda al usuario en la misma situación, como la probabilidad también es mayor que 30% (43,9%), también se recomendaría.

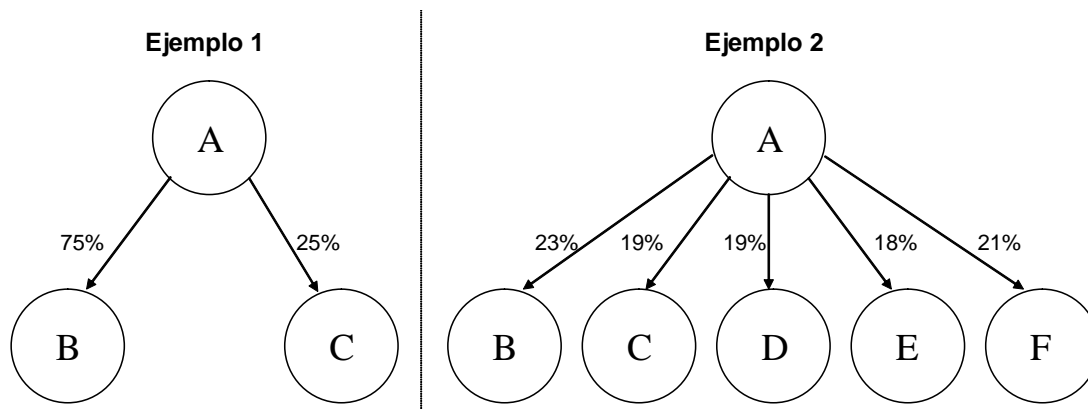


Figura 3.1. Ejemplos de recomendación basada en el contexto de otros usuarios

En las tablas 3.10. y 3.11. se muestra parte de dos ejemplos de recorridos de actividades para dos clases de estudiantes de la asignatura de “*Informática General*”. En la tabla 3.10. se muestra parte del recorrido de actividades obtenido para estudiantes de clase 1, que cursan por primera vez la asignatura, tienen nivel de conocimientos avanzado y disponen de veinte minutos para la realización de actividades. La tabla 3.11. presenta parte del recorrido para estudiantes de la clase 2, quienes cursan por segunda vez la materia, tienen conocimientos básicos y disponen también de veinte minutos.

Tabla 3.10. Ejemplo de un recorrido de actividades para un usuario de clase 1

Id	Actividad Origen	Actividad Destino	Probabilidad de Transición
①	BA_Example	Set_Tests	15%
②	BA_Theo	Set_Tests	10%
③	BA_Gates	Set_Tests	75%
④	BA_Gates	Set_Exers	25%
⑤	Set_Tests	Set_Exers	100%
⑥	Set_Exers	Set_Tests	100%

Cada una de las tablas presenta la probabilidad de que un usuario con dichas características realice una actividad después de otra. Por ejemplo, se puede ver que para los estudiantes de clase 1, la actividad *Set_Tests* se puede realizar después de cuatro actividades distintas: *BA_Example*, *BA_Theo*, *BA_Operations* y *Set_Exers* (ver tabla 3.10.). En el caso concreto de la actividad *BA_Gates*, el 75% de las ocasiones los usuarios decidieron realizar a continuación la actividad *Set_Tests* y el 25% de las veces continuaron realizando la actividad *Set_Exers*. Además, cuando los usuarios realizan la actividad *Set_Tests*, después siempre realizan la actividad *Set_Exers*. Lo mismo ocurre en orden inverso entre estas dos últimas actividades.

Tabla 3.11. Ejemplo de un recorrido de actividades para un usuario de clase 2

Id	Actividad Origen	Actividad Destino	Probabilidad de Transición
①	BA_Example	Set_Tests	3%
②	BA_Theo	Set_Tests	2%
③	BA_Gates	Set_Tests	95%
④	BA_Gates	Set_Exers	5%
⑤	Set_Tests	Set_Exers	100%
⑥	Set_Exers	Set_Tests	100%

En el caso de usuarios de la clase número 2 (ver tabla 3.11.), la relación entre los ejercicios *Set_Tests* y *Set_Exers* es la misma que para los usuarios de la clase 1 (si se ha decidido realizar cualquiera de las dos actividades, a continuación, el usuario realizará la otra). Sin embargo, se puede observar que el porcentaje de usuarios de tipo 2 que realiza la actividad después de la actividad *BA_Example* y *BA_Theo* baja significativamente a un 3% y 2% respectivamente frente a los usuarios del tipo 1 (15% y 10% respectivamente).

De acuerdo a estos datos, supongamos que un usuario se encuentra en la siguiente situación: i) ha realizado la actividad *BA_Example* y *BA_Theo* pero todavía no ha realizado las actividades *BA_Gates*, *Set_Tests* y *Set_Exers*; ii) la actividad *BA_Gates* se encuentra recomendada; y iii) no existe suficiente información sobre la adecuación de recomendar las actividades *Set_Tests* y *Set_Exers*. En esta situación, el mecanismo de recomendación basado en la información de otros usuarios no ofrecería ninguna recomendación concreta sobre la realización de ninguna de las actividades *Set_Tests* y *Set_Exers*, es decir, mantendría el estado de dichas actividades como disponibles. Esto se debe a que en la mayoría de las situaciones los usuarios realizan estas dos actividades después de realizar la actividad *BA_Gates* (ver reglas ③ y ④ de la tabla 3.10 y 3.11.). Sin embargo, si el mismo usuario hubiese acabado de realizar la actividad *BA_Gates*, el mecanismo de recomendación sugeriría la realización de la actividad *Set_Tests* ya que la mayoría de los usuarios han realizado estas actividades en este orden (un 75% en el caso de usuarios de tipo 1 y un 95% en el caso de usuarios de tipo 2).

A continuación se presenta el funcionamiento del mecanismo de recomendación, así como un ejemplo para ilustrar su funcionamiento.

3.3. Funcionamiento del Mecanismo de Recomendación

El mecanismo de recomendación es el encargado de analizar las distintas posibilidades de adaptación y en función del perfil de cada estudiante seleccionar las actividades más

adecuadas dependiendo de sus características personales, de sus acciones y de su contexto particular. En el caso de actividades colaborativas, también tiene en cuenta las características y acciones de los grupos de trabajo, así como el contexto de los miembros de cada grupo.

Con el fin de ilustrar el funcionamiento de este mecanismo, se presenta un ejemplo sobre la asignatura “*Informática General*” de primer curso de “*Ingeniería Informática*”. Supongamos que tenemos dos estudiantes María y José. María es una estudiante de estilo de aprendizaje visual que cursa la asignatura por primera vez, tiene conocimientos avanzados en la materia y utiliza su ordenador portátil. José es un estudiante con estilo de aprendizaje verbal que cursa por segunda vez la asignatura, con conocimientos básicos en la materia y usa su PDA. Ambos se encuentran viajando de la universidad a su casa y disponen de veinte minutos que es lo que dura su trayecto.

Los profesores han puesto a su disposición un entorno de aprendizaje móvil llamado “*Informática General*”. La información relativa a este entorno, junto con los rasgos que se utilizarán en el proceso de adaptación de las actividades de la misma, se encuentran definidos en la tabla 3.2 y explicados en la sección 3.2.2. En esta asignatura, los estudiantes deben realizar distintas actividades sobre “*Álgebra de Boole*”, como:

- Repasar los conceptos aprendidos hasta el momento (*Review*)
- Estudiar los conceptos básicos sobre álgebra de Boole (*BA_Theo*) y las distintas operaciones booleanas (*BA_Operations*).
- Ver ejemplos sobre tablas de verdad y puertas lógicas (*BA_Example*).
- Interactuar con *applets* que les permitirán hacer simulaciones sobre operaciones booleanas, distintas puertas lógicas (*BA_And*, *BA_Or*, *BA_Not*, *BA_Nand*, *BA_Xor*) y circuitos más complejos (*BA_Circuits*).
- Descargar el material docente que el profesor de la asignatura ha puesto a disposición de los alumnos (*BA_Mat*).
- Hacer un ejercicio tipo test para demostrar que han realizado una determinada práctica (*Test_Práctica1*).
- Construir un circuito lógico de forma colaborativa (*BA_Build_Circuits*).
- Realizar una colección de ejercicios tipo test (*Set_Tests*) y de ejercicios de respuesta libre (*Set_Exers*).

Además de estas actividades, María tiene pendiente la recepción de mensajes (*Message_S*, *Message_R*) que sus compañeros le han enviado.

Para cada estudiante interactuando con el entorno, el mecanismo de adaptación selecciona las actividades más adecuadas en base a la información almacenada sobre cada uno de los elementos básicos presentados en las secciones anteriores (actividades,

contenidos, herramientas, usuarios, grupos y reglas de adaptación). En cada paso, el mecanismo de recomendación evalúa la adecuación de la realización de cada actividad, y las actividades van siendo anotadas según su **grado de recomendación**:

- Recomendada: cuando tanto los requisitos particulares, dependencias y contexto de los usuarios son propicios para realizar la actividad.
- No recomendada: si un determinado tipo de actividad no es recomendable para un tipo de usuarios por una condición relacionada con su contexto actual, incluso aunque las condiciones relacionadas con los requisitos y las dependencias entre actividades se satisfagan, la actividad estará disponible pero se marcará como no recomendada en ese momento.
- Disponible: si no se sabe nada sobre si la actividad debe ser recomendada o no.
- No disponible: cuando alguna de las condiciones de activación relativas a las características personales del usuario, a su comportamiento, o algún requisito previo no se satisfacen.
- Finalizada: cuando el usuario ya ha realizado la actividad.

El funcionamiento general del mecanismo se puede ver representado en la figura 3.2. Primeramente, el **gestor de actividades** extrae un listado inicial de actividades disponibles para el usuario en el entorno. Las actividades ya realizadas por el usuario se anotan como tales en dicho listado antes de procesar cada una de las reglas de adaptación. Este listado es la entrada del proceso de recomendación basado en reglas, el cual se encarga de indicar, para cada actividad, el grado de recomendación que se considera apropiado para un estudiante en una situación concreta.

Durante el **procesamiento de las reglas de adaptación**, el grado de recomendación de cada una de las actividades se va actualizando (ver parte superior de la figura 3.2). Cada una de las reglas se procesa por un filtro distinto, seleccionando en cada uno de ellos las actividades más adecuadas para el usuario teniendo en cuenta sus características, acciones y su contexto actual. Cada filtro va generando listados intermedios de actividades anotadas que son la entrada del siguiente filtro, hasta que se obtiene un listado final donde el conjunto de actividades de entrada se encuentra anotado junto a su disponibilidad y grado de recomendación.

El listado de salida del proceso de recomendación basado en reglas puede contener actividades cuyo grado de recomendación sea “disponible”, es decir, no exista suficiente información especificada en términos de reglas de adaptación sobre la adecuación de proponer estas actividades al usuario. Si esto ocurre, el mecanismo de recomendación tiene una segunda fase donde se pueden realizar **recomendaciones basadas en la información de usuarios similares** (clases de usuarios y recorridos de actividades presentados en la sección 3.2.4.). El listado obtenido al procesar las reglas de adaptación se completa con la

información de usuarios con características similares teniendo en cuenta el orden de realización en el cual realizaron las actividades.

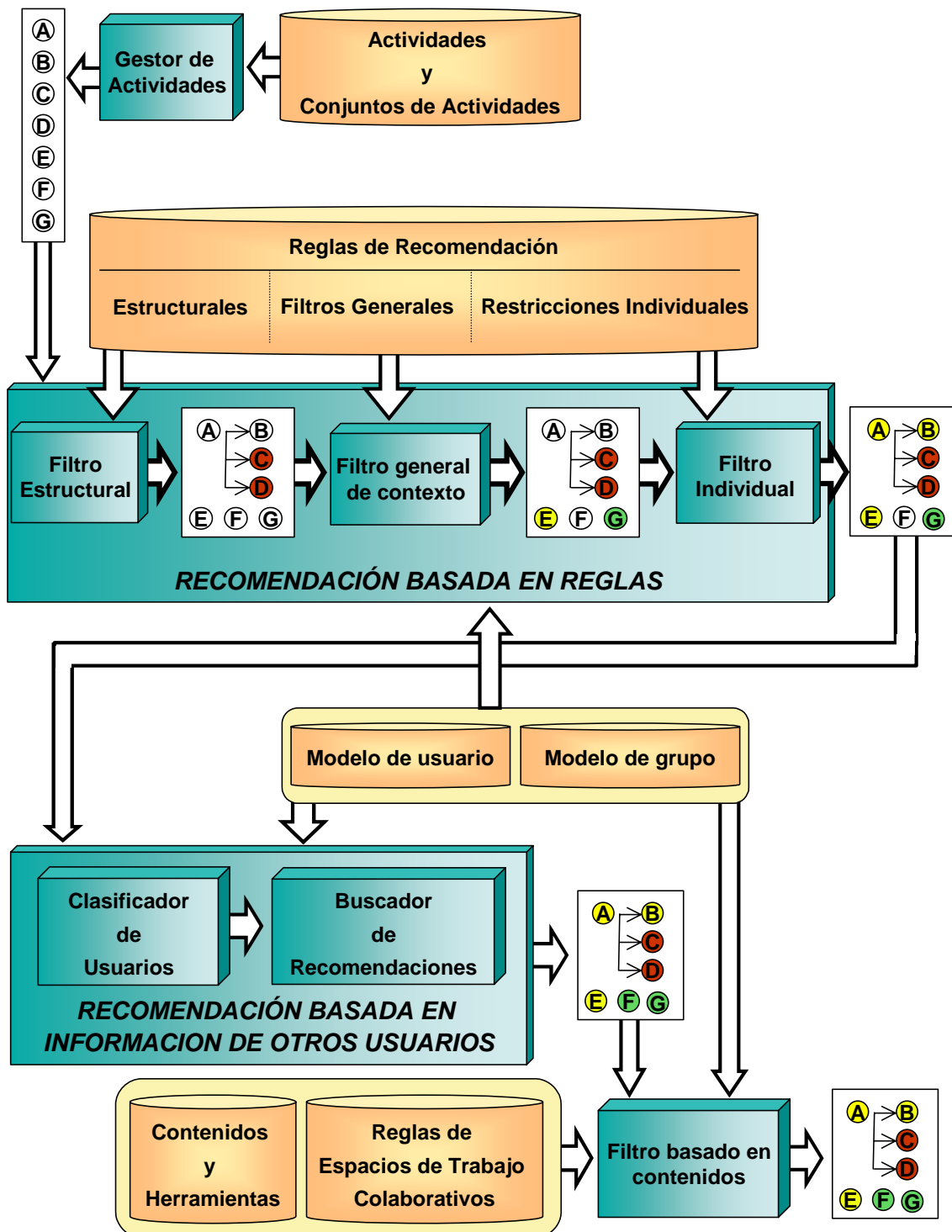


Figura 3.2. Funcionamiento general del mecanismo de recomendación

Este listado completo se envía al **filtro basado en contenidos** que se encargará de generar los espacios de trabajo seleccionando los contenidos multimedia más adecuados para cada una de las actividades y las herramientas más apropiadas en el caso de actividades colaborativas.

En el caso de María y José, las actividades disponibles relacionadas con la materia de álgebra de Boole pueden verse en la figura 3.3. Este listado lo obtiene el gestor de actividades a partir de la información sobre las actividades asociadas a un entorno. En este caso, ambos usuarios tienen actividades comunes como la actividad compuesta de álgebra de Boole, el repaso de conceptos estudiados anteriormente, la descarga del nuevo material docente o la realización de un test para comprobar si han realizado la práctica, entre otras. Aparte, María tiene otras dos actividades más que son mensajes de sus compañeros.

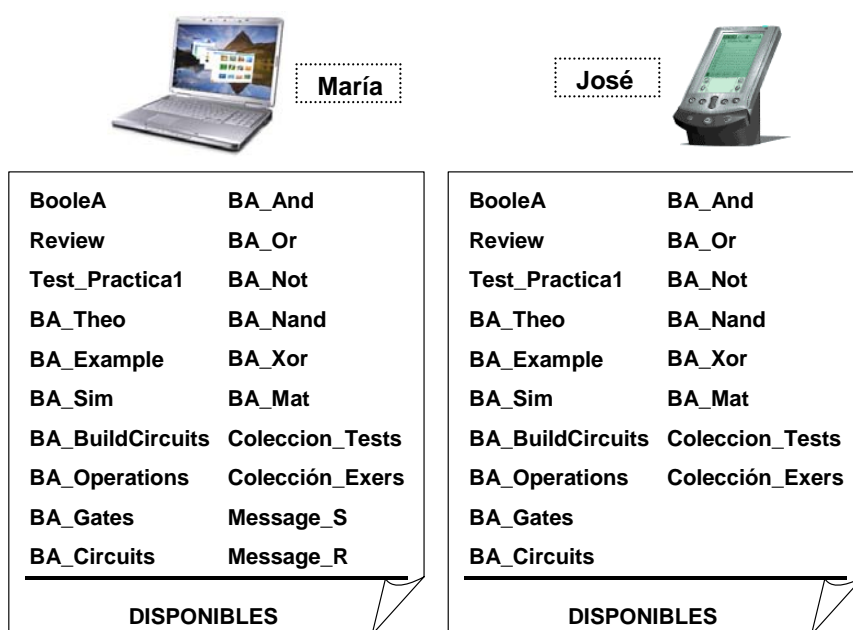


Figura 3.3. Recomendación de actividades disponibles para María y José

A partir del conjunto de actividades disponibles, el primer filtro procesa las reglas estructurales comprobando las condiciones de activación de cada una de ellas (si es que las hay) junto con la información disponible en el modelo de usuario y en el modelo de grupo en el caso de actividades colaborativas. Si una regla estructural no tiene asociada condición de activación o su condición de activación (ya sea simple o compuesta) se satisface, las actividades correspondientes son marcadas como recomendadas teniendo en cuenta la secuencia de realización de las subactividades que indica la regla. Si la condición de la regla se satisface y la secuenciación es flexible, todas las subactividades serán recomendadas para ese usuario. Sin embargo, si la guía de navegación indicada es directa, sólo se marcará como recomendada la primera de las subactividades que esté pendiente de finalizar. El resto de

subactividades serán marcadas como no disponibles para ese estudiante debido a la secuenciación de la regla. Si la condición no se cumple debido a un rasgo relacionado con las características personales del usuario o sus acciones, la actividad se marca como no disponible. Si el contexto del usuario no es adecuado para realizar la actividad, ésta es marcada como no recomendada.

Por ejemplo, en el caso de las actividades anteriores y considerando las reglas definidas en la tabla 3.5., si tenemos como estudiante a María con nivel de conocimientos avanzado y que es la primera vez que cursa la asignatura de “*Informática General*”, el filtro que se encarga de analizar las reglas estructurales, procesaría aquellas que tienen que ver con su perfil en las cuales la condición de activación se satisface (a priori, las reglas ①, ④ y ⑤ como se indica en la figura 3.4.). La secuencia de la regla ① indica que sólo debe proponerse la primera subactividad que es la actividad de teoría del “*Algebra de Boole*” (*BA_Theo*) puesto que es la primera vez que cursa la asignatura. Por tanto, para un estudiante de estas características, la actividad *BA_Theo* será marcada como recomendada junto con la actividad que está en la parte izquierda de la regla (*BooleA*), mientras que las actividades de ejemplos (*BA_Example*), las simulaciones con *applets* (*BA_Sim*), y la construcción de circuitos lógicos (*BA_Build_Circuits*) serán marcadas como no disponibles.

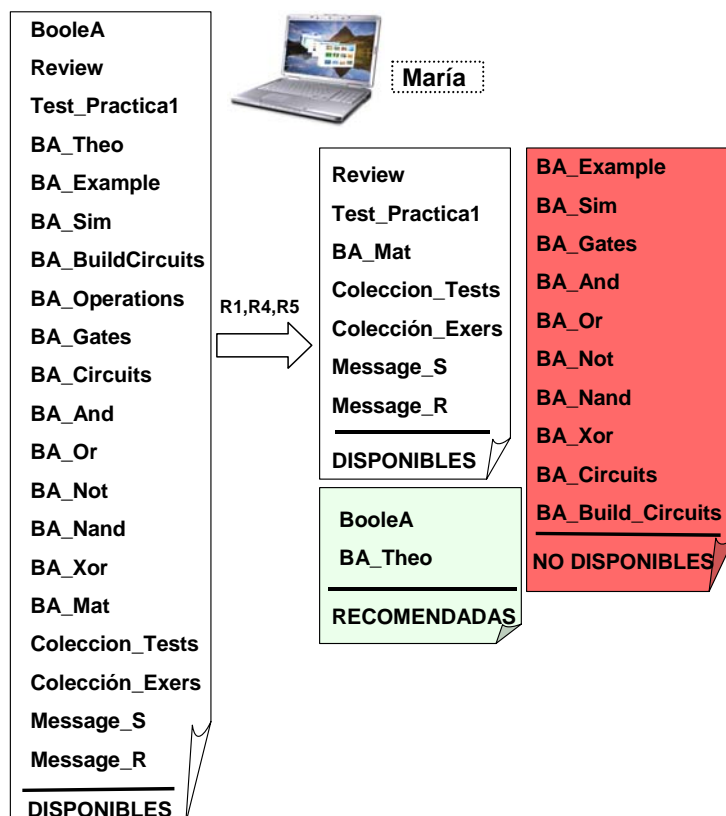


Figura 3.4. Recomendación después de procesar las reglas estructurales para María

Como la actividad compuesta de simulación (*BA_Sim*) se encuentra marcada como no disponible, y las reglas ④ y ⑤ están relacionadas con esta actividad, se procede a pasar a estado no disponibles todas las actividades implicadas en dichas reglas. Además, este filtro se encarga también de eliminar las actividades que no son aptas para un determinado perfil, como por ejemplo la actividad sobre operaciones del álgebra de Boole (*BA_Operations*). Por este motivo, dicha actividad es eliminada del listado de actividades para María. El resultado del procesamiento de estas reglas y de las anotaciones que se han realizado sobre las actividades por el filtro estructural se puede ver en la figura 3.4, donde se presenta la evolución del proceso de recomendación. En el caso de María, en la parte izquierda de la figura 3.3., se puede ver la situación de su listado de actividades disponibles antes de entrar a este filtro, las reglas estructurales que se han aplicado debido a su perfil, y el listado de salida generado por el filtro estructural.

Sin embargo, si el estudiante fuese José que es repetidor y con conocimientos básicos en la materia (ver figura 3.5.), podría realizar las actividades *BA_Theo*, *BA_Sim* y *BA_Build_Circuits* en el orden en el que prefiriese (regla ②). Estas tres actividades junto con la actividad que forma la parte izquierda de la regla son anotadas como actividades recomendadas. Además, se elimina la actividad *BA_Example* del listado de actividades ya que no está orientada a su perfil (comparación de reglas estructurales ① y ②). En este caso, como la actividad *BA_Sim* se encuentra disponible y existe una regla estructural que indica la forma en la que se descompone (regla ③), se procesa también. Esta regla estructural indica que tanto la actividad *BA_Operations* (operaciones booleanas) como la actividad *BA_Gates* (puertas lógicas) estarán disponibles para este usuario y la podrá realizar también en el orden que desee. Además, la actividad *BA_Circuits* se elimina del listado de José por no estar orientada a su perfil.

Por último, la regla ⑤ que no tiene condiciones de activación, indica la forma de descomposición de la actividad *BA_Gates* para cualquier usuario. José tiene como recomendada esta actividad, por tanto al ser la guía de navegación directa, sólo la primera subactividad (*BA_And*) estará marcada como recomendada. El resto de subactividades (*BA_Or*, *BA_Nand*, *BA_Nor*, *BA_Xor*) se anotarán como no disponibles debido a la secuenciación de la regla.

La lista de actividades anotada durante este paso es la entrada al siguiente filtro, en el cual se procesan los filtros generales de contexto. La adaptación basada en los filtros generales de contexto se encarga de recomendar o marcar como no recomendadas cierto tipo de actividades de la lista de entrada, teniendo en cuenta el contexto específico del usuario. En este paso, si no se satisface alguna de las condiciones de la regla, la actividad pasa a estado no recomendado. No se anota como no disponible, ya que este filtro se aplica

de forma global a todas las actividades definidas y se ha considerado que no debe ser tan restrictivo.

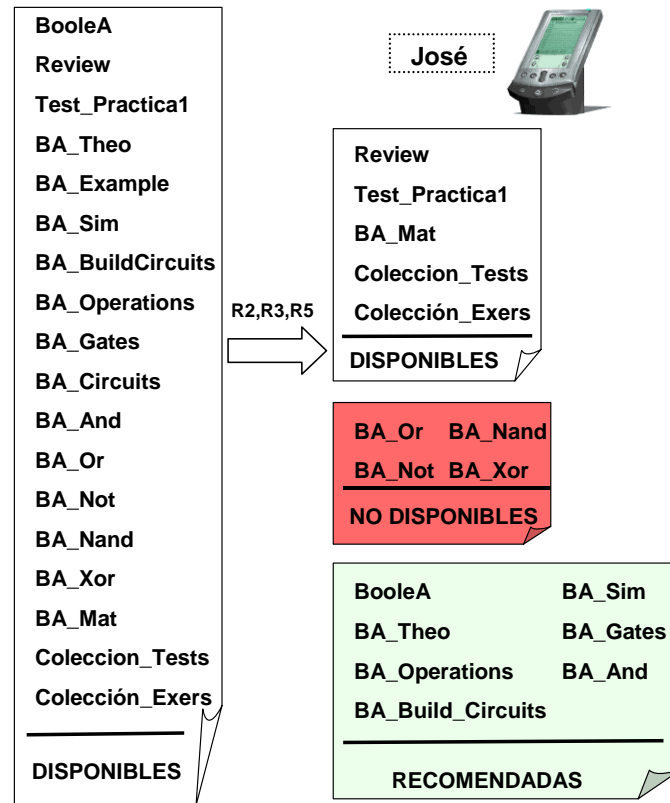


Figura 3.5. Recomendación después de procesar las reglas estructurales para José

Al procesar los filtros generales definidos en la tabla 3.6. para nuestros usuarios María y José, su lista de actividades se actualiza adecuadamente. La lista de actividades recomendadas para María (ver figura 3.6.) contendrá la actividad de teoría que tenía como recomendada del paso anterior, las actividades de repaso y de descarga de material docente, junto con los mensajes que la han enviado sus compañeros de grupos de trabajo (aplicación de los filtros ② y ③ de la tabla 3.6.). Por el contrario, José (ver figura 3.7.), sólo tendrá como actividades recomendadas las actividades de repaso y de descarga de material ya que no tiene tiempo suficiente para realizar ni actividades de teoría, simulaciones o colaborativas (filtros ①, ② y ③ de la tabla 3.6.). El resto de actividades que tenía como recomendadas en el paso anterior, pasarán a no recomendadas debido a su contexto. El resultado de las anotaciones realizadas por el filtro general de contexto se puede ver en la figura 3.6 para el caso de María y 3.7. en el caso de José.

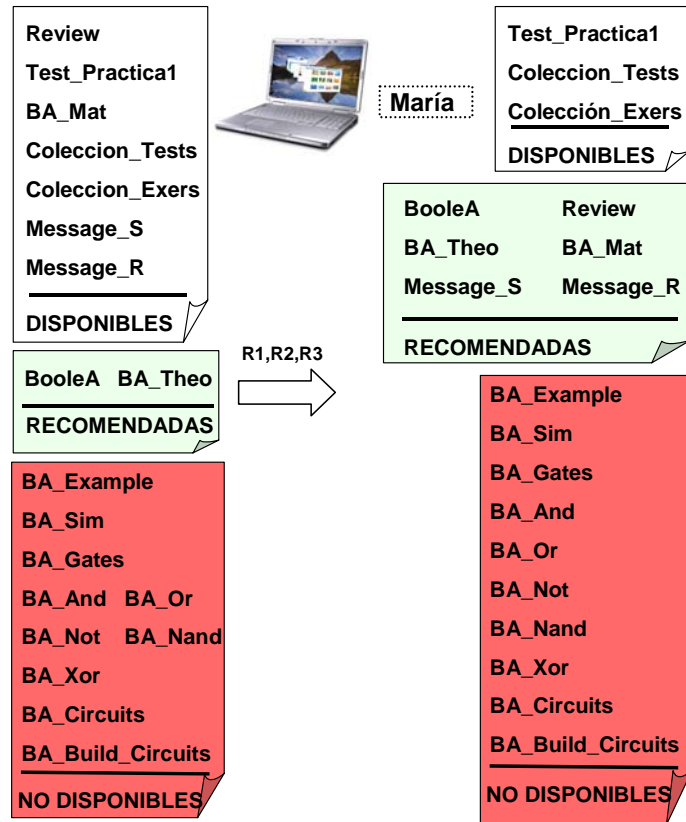


Figura 3.6. Recomendación al procesar los filtros generales de contexto para María

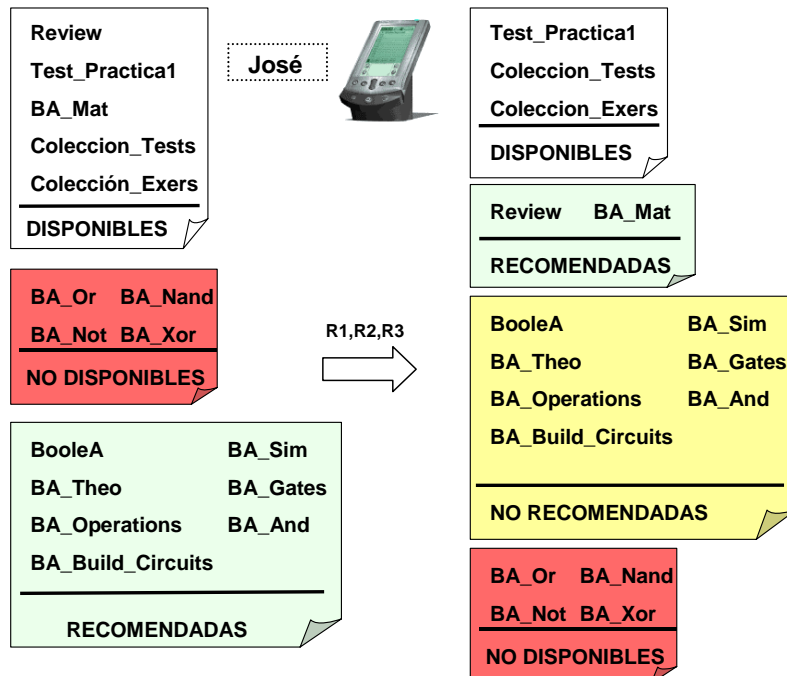


Figura 3.7. Recomendación al procesar los filtros generales de contexto para José

Por último, se comprueba si las actividades que se encuentran en la lista de entrada tienen prerequisites particulares, y en el caso que los tengan, si éstos se satisfacen. Además de comprobar las condiciones de activación de las reglas de requisitos individuales, este paso comprueba que se cumplan requisitos implícitos de las actividades como por ejemplo en el caso de actividades colaborativas síncronas que los compañeros del mismo grupo se encuentren conectados en el mismo instante de tiempo. La lista de actividades es actualizada y la salida final es el conjunto de actividades anotadas junto con su grado de recomendación para un usuario en un contexto específico.

En el caso concreto de los dos usuarios del ejemplo, si tenemos en cuenta las reglas de requisitos individuales definidas en la tabla 3.7, la actividad que está realizando el profesor a los alumnos de la asignatura en el laboratorio de prácticas (*Test_Practica1*) no la podrán realizar ya que ambos se encuentran viajando de la universidad a casa (regla ① de la tabla 3.7.). Por este motivo, esta actividad pasa a estado no disponible para ambos usuarios (ver figuras 3.8 y 3.9.). Además, en el caso de José, la actividad *BA_Build_Circuits* y la actividad *BA_Operations*, que estaban marcadas como no recomendadas, pasarán a estado no disponible ya que José no tiene tiempo suficiente para realizarlas (reglas ② y ③ de la tabla 3.7., ver actualización de la figura 3.9.).

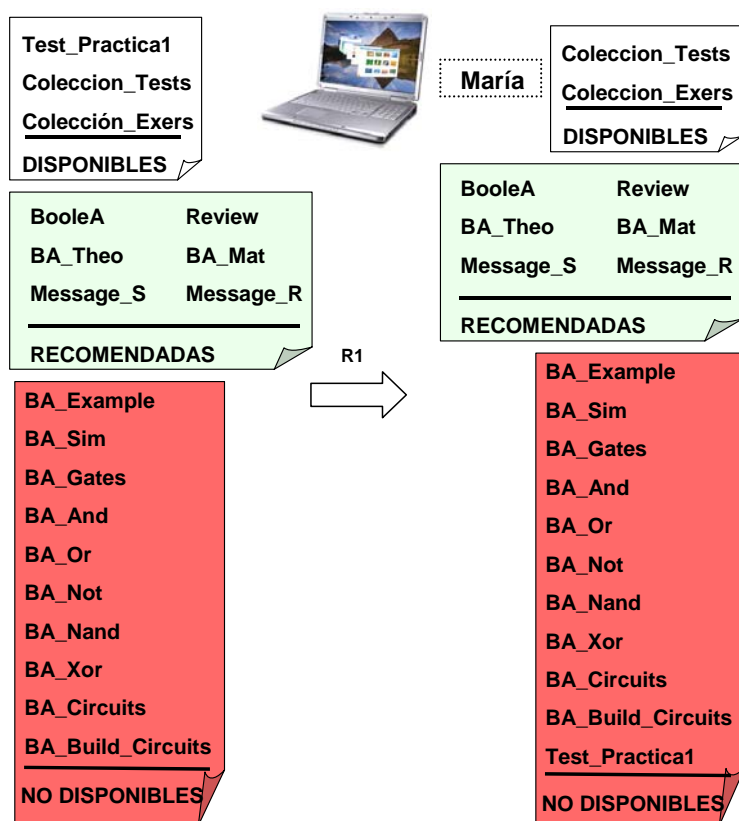


Figura 3.8. Recomendación después de procesar los requisitos individuales para María

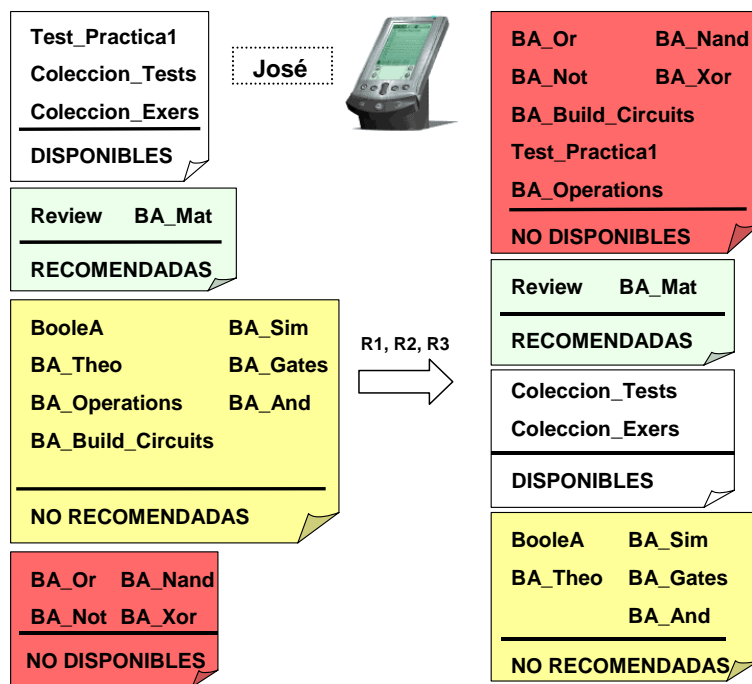


Figura 3.9. Recomendación después de procesar los requisitos individuales para José

Una vez procesadas todas las reglas de adaptación, el mecanismo comprueba que no haya actividades en estado disponible. Si existen actividades con este estado, se procede a averiguar si se puede realizar algún tipo de recomendación basada en acciones previas de otros usuarios con rasgos similares. Para ello, primero se clasifica al usuario según sus características personales y contexto en el que se encuentra. A continuación, busca la recomendación más adecuada en base a las acciones realizadas por otros usuarios pertenecientes a la misma clasificación. Para ello, consulta el modelo de Markov correspondiente al tipo de usuario y realiza la correspondiente recomendación si existe información suficiente.

En el caso de nuestros usuarios, las actividades *Set_Tests* y *Set_Exers* se encuentran en estado disponible. Por tanto, el estado de recomendación de estas actividades podría ser actualizado durante la segunda fase del proceso de recomendación basándose en los recorridos de actividades de usuarios similares. Aplicando la información sobre los recorridos de actividades de usuarios de clase 1 y 2 presentada en las tablas 3.10. y 3.11., ninguna de estas dos actividades cambiaría su estado ya que los usuarios con características similares realizaron estas actividades después de realizar otras, las cuales todavía no han sido realizadas por nuestros usuarios. Sin embargo, cuando María realizase la actividad *BA_Gates*, si todavía el mecanismo de adaptación sigue teniendo la actividad *Set_Tests* en estado disponible, esta fase la marcaría como actividad recomendada ya que el 75% de los usuarios con características similares realizaron esta actividad a continuación de *BA_Gates*. En este mismo caso, la segunda fase tampoco tendría información suficiente para realizar la

recomendación de la actividad *Set_Exers*, ya que sólo un 25% de los usuarios la realizó después de la actividad *BA_Gates*. Esta última actividad sólo sería recomendada por la segunda fase del proceso cuando el usuario hubiera realizado la actividad *Set_Tests*. En el resto de los casos su estado sería disponible puesto que no existe información suficiente (ni definida en términos de reglas de adaptación ni en las acciones realizadas por otros usuarios) para poder anotarla como recomendada.

El listado final anotado con las recomendaciones realizadas durante las fases de recomendación basada en reglas de adaptación y recomendación basada en las acciones de otros usuarios es procesado por el filtro de contenidos, el cual comprueba si el material multimedia asociado a cada una de las actividades del listado se encuentra disponible para el dispositivo utilizado por el usuario y para su estilo de aprendizaje (en caso de estar definido). Si no existen los contenidos de una actividad recomendada o disponible para el dispositivo que se está utilizando, la actividad es anotada como no recomendada ya que los contenidos pueden no visualizarse correctamente.

En el caso de actividades colaborativas, el filtro de contenidos es el encargado de procesar las reglas de adaptación para actividades colaborativas para seleccionar el enunciado del problema y el conjunto de herramientas más apropiados.

En nuestro ejemplo, ninguno de los dos usuarios tiene recomendada la actividad *BA_Build_Circuits*. Cuando uno de los usuarios tenga marcada esta actividad como recomendada, el filtro de contenidos generaría el espacio de trabajo más adecuado procesando las reglas de espacios de trabajo colaborativos y las reglas de herramientas. En el caso de María, el espacio de trabajo generado contendrá el enunciado *CircuitsAv* (regla ② de la tabla 3.8.) junto con un editor gráfico como herramienta principal (regla ② de la tabla 3.9.). Sin embargo el espacio de trabajo generado para José incluiría en enunciado del problema *CircuitsBas* (regla ① de la tabla 3.8.). Además se le proporcionaría un editor de texto y un editor gráfico en la interfaz principal (regla de herramientas ③ de la tabla 3.9.). Por último, a ambos usuarios se les ofrecería un cliente de correo electrónico y un *chat* como herramientas adicionales en la interfaz secundaria (regla ① de la tabla 3.9.).

Para finalizar este capítulo, la siguiente sección presenta una serie de ayudas para la creación y configuración de entornos adaptativos ubicuos, con el objetivo de reducir el tiempo y el esfuerzo empleado durante el proceso de creación de estos entornos.

3.4. Ayudas para la creación de entornos adaptativos ubicuos

La creación y diseño de entornos adaptativos ubicuos basados en el contexto en los que tanto actividades individuales como colaborativas son adaptadas a las características de cada

usuario, es una labor complicada, incluso para diseñadores con conocimientos técnicos. Para cada estudiante, las actividades más adecuadas son seleccionadas en cada instante, de acuerdo no solo a sus características personales y comportamiento, sino también a su contexto actual. Esto implica la especificación de diferentes tipos de actividades, la creación de distintas versiones de contenidos para cada una de ellas y la definición de los criterios de adaptación que se tendrán en cuenta durante el proceso de recomendación. Todas estas tareas requieren tiempo y esfuerzo por parte del diseñador.

Por tanto, es necesario ofrecer a los diseñadores soluciones transparentes a detalles de bajo nivel y darles la posibilidad de crear y reutilizar elementos definidos previamente para crear nuevos entornos adaptativos ubicuos. Así, no necesitarán conocer detalles técnicos y empezar la creación de un nuevo entorno desde cero, sino que tienen la ventaja de poder utilizar elementos ya definidos reduciendo el tiempo empleado en el proceso de creación de estos entornos.

Con este objetivo, se incluyó la segunda fase en el mecanismo de recomendación de actividades, basada en las interacciones previas de otros usuarios. De esta manera, los diseñadores pueden incluso no especificar ningún tipo de regla de adaptación y dejar que el mecanismo recomiende sólo en base a las acciones de otros usuarios.

Aparte de esta segunda fase del mecanismo de recomendación, se han desarrollado otra serie de ayudas para el diseño de estos entornos:

- Reutilización de contenidos.
- Uso de rasgos comunes de adaptación para la inclusión en reglas de adaptación.
- Utilización de posibles criterios generales para la definición de capacidades de adaptación dependiendo del contexto del usuario.
- Ayuda a configuraciones de entornos ubicuos con distinto tipo de reglas de adaptación.
- Creación y configuración de editores colaborativos gráficos para adaptar determinadas actividades gráficas colaborativas.

La especificación de las actividades, contenidos, herramientas colaborativas, reglas de adaptación y su organización de forma individual y separada, **facilita la reutilización y el mantenimiento** de los distintos elementos. Si la información se almacena de forma separada, los diseñadores pueden añadir, modificar y borrar cualquiera de estos elementos de una forma fácil y sencilla. De esta manera, cualquier diseñador podría utilizar contenidos multimedia previamente definidos anteriormente, reutilizar reglas de adaptación definidas para otras actividades, etc.

La utilización de un **conjunto de rasgos de adaptación comunes** previamente definidos con sus valores correspondientes, también permite ahorrar tiempo en la fase de

diseño. De esta manera, el diseñador puede incluir estos rasgos en el nuevo entorno y utilizarlos directamente en las reglas de adaptación que defina para dicho entorno. Por ejemplo, sería útil tener definidas y poder seleccionar características de contexto utilizadas habitualmente, como el dispositivo utilizado, o rasgos personales del usuario como su estilo de aprendizaje.

Para facilitar la configuración de los filtros generales de contexto, se ha definido un **conjunto de criterios generales de adaptación**, basados en reglas de contexto que se ofrecerán a los diseñadores de este tipo de entornos. Estas reglas de adaptación deben modificarse de acuerdo a las características de las actividades, del entorno donde se estén utilizando y de las opciones de adaptación que quiera considerar el diseñador. En la tabla 3.12. se muestran los filtros generales de contexto definidos por omisión. Como se puede observar, se han definido cuatro filtros generales que tienen en cuenta distintas características de adaptación. El primero especifica que si los estudiantes están utilizando una PDA o un teléfono, los mensajes, repaso y ejercicios de tipo *test* estarán recomendados. El segundo criterio indica que las actividades de tipo mensajes, repaso y ejercicios de tipo test serán recomendadas cuando el estudiante tenga poco tiempo disponible (exactamente menos de diez minutos). Por último, el tercer y cuarto filtro indican que las actividades teóricas, colaborativas, los ejercicios de respuesta libre y las simulaciones no se recomendarán a los estudiantes activos que dispongan de menos de diez minutos y tampoco a los estudiantes reflexivos que tengan menos de veinte minutos.

Dependiendo del contexto general en el que se apliquen estos criterios generales, las condiciones de activación de las reglas de contexto definidas por omisión ofrecidas a los diseñadores podrían variar. Por ejemplo, las actividades de tipo simulación pueden considerarse largas en determinados conjuntos de actividades (por ejemplo, si las simulaciones reflejan el funcionamiento de circuitos complejos) y considerarse triviales en otros (por ejemplo, si reflejan el funcionamiento de puertas simples). En estos casos, el diseñador del entorno es el responsable de ajustar estos criterios generales dependiendo de la propia naturaleza de las actividades. Además, los diseñadores de estos entornos pueden optar por no tener en cuenta alguna de las características de adaptación reflejadas en las condiciones de activación de dichas reglas. En este caso, los filtros generales de contexto deberían actualizarse de acuerdo a las opciones de adaptación deseadas y a las actividades específicas que contendrá el entorno.

También consideramos útil que los diseñadores pudiesen **definir y configurar el tipo de entorno adaptativo ubicuo deseado** simplemente seleccionando los filtros de adaptación que se desea tener en cuenta para realizar la recomendación.

Tabla 3.12. Filtros generales de contexto definidos por omisión

Id	Condición de Activación	Rec.	Tipo
①	(dispositivo = pda) O (dispositivo = telefono)	-	Mensajes Repaso Material Test
②	(tiempo<10)	-	Mensajes Repaso Material Test
③	(estilo_aprendizaje=activo) Y (tiempo<10)	Not	Teoría Simulación Colaborativas Ejer_Libre
④	(estilo_aprendizaje=reflexivo) Y (tiempo<20)	Not	Teoría Simulación Colaborativas Ejer_Libre

Imaginemos que un diseñador quiere proponer actividades simples, que no se descomponen en subactividades, y además, los estudiantes las deberán realizar de forma individual. En este caso, el diseñador no necesita definir ninguna regla estructural, ni de espacios de trabajo colaborativos ni de herramientas colaborativas, ya que todas las actividades serán atómicas y de realización individual. Si el diseñador ha optado por utilizar los criterios generales de adaptación facilitados y además alguna de las actividades tiene restricciones individuales de realización, se deberán considerar los dos últimos filtros para el proceso de recomendación de actividades (ver figura 3.10). Sin embargo, si ninguna de las actividades tiene requisitos individuales de realización, bastará con considerar únicamente el filtro general del contexto donde se procesan las reglas generales de contexto (ver figura 3.11.). Otra situación sería cuando el diseñador va a tener actividades simples y compuestas, que no tienen requisitos individuales de realización, pero sí desea realizar una recomendación basada en el tipo de las actividades y en el contexto del usuario utilizando los criterios generales que se ofrecen. En este caso, el diseñador deberá elegir tanto el filtro estructural para procesar las distintas maneras de descomposición en subactividades como el filtro general del contexto (ver figura 3.12.).

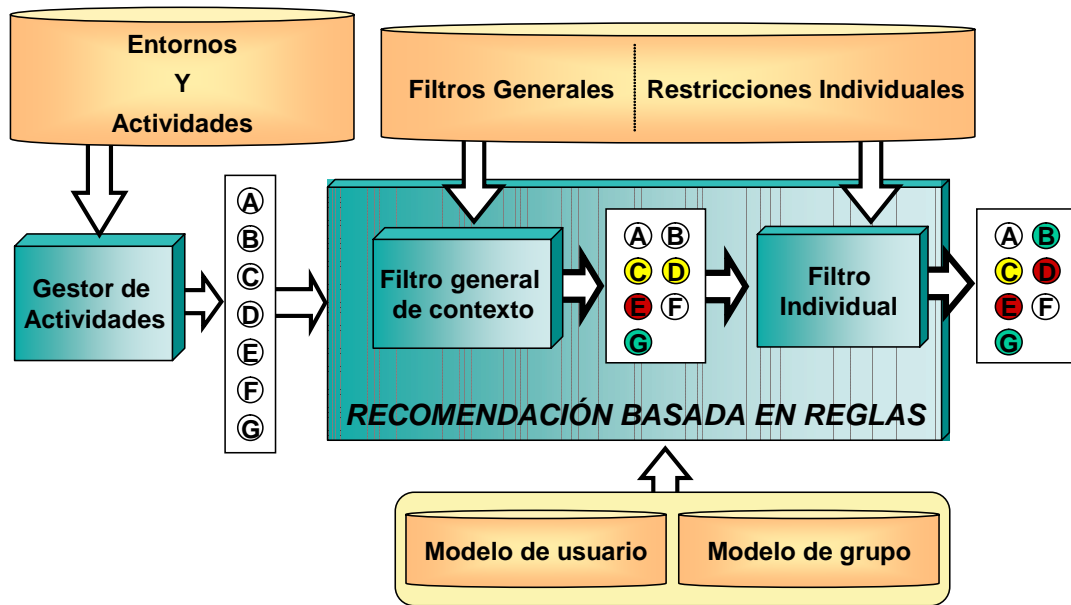


Figura 3.10. Primer ejemplo de configuración de un entorno adaptativo ubicuo

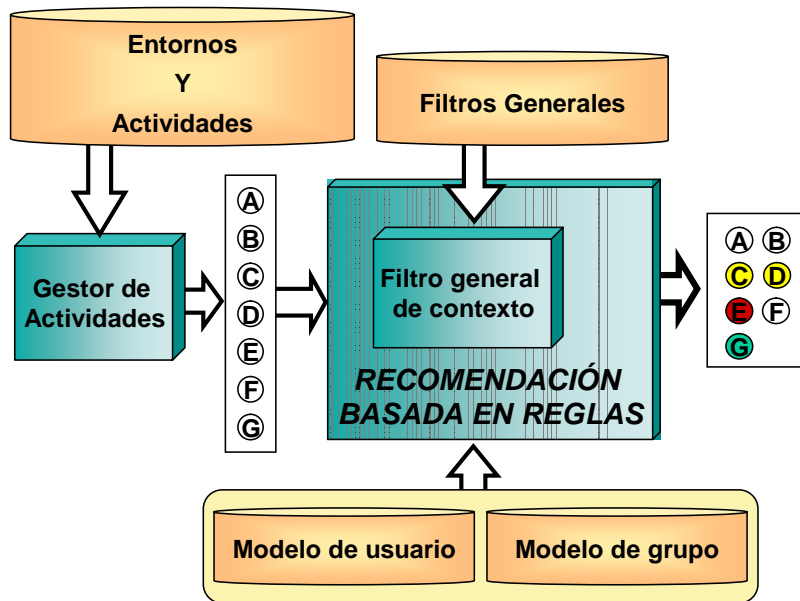


Figura 3.11. Segundo ejemplo de configuración de un entorno adaptativo ubicuo

Como se puede observar, el diseñador podría configurar el tipo de entorno adaptativo ubicuo que más se adecuara a sus necesidades realizando cualquier combinación de filtros para ofrecer la recomendación deseada sin necesidad de utilizar todos los filtros ni definir todos los tipos de reglas de adaptación.

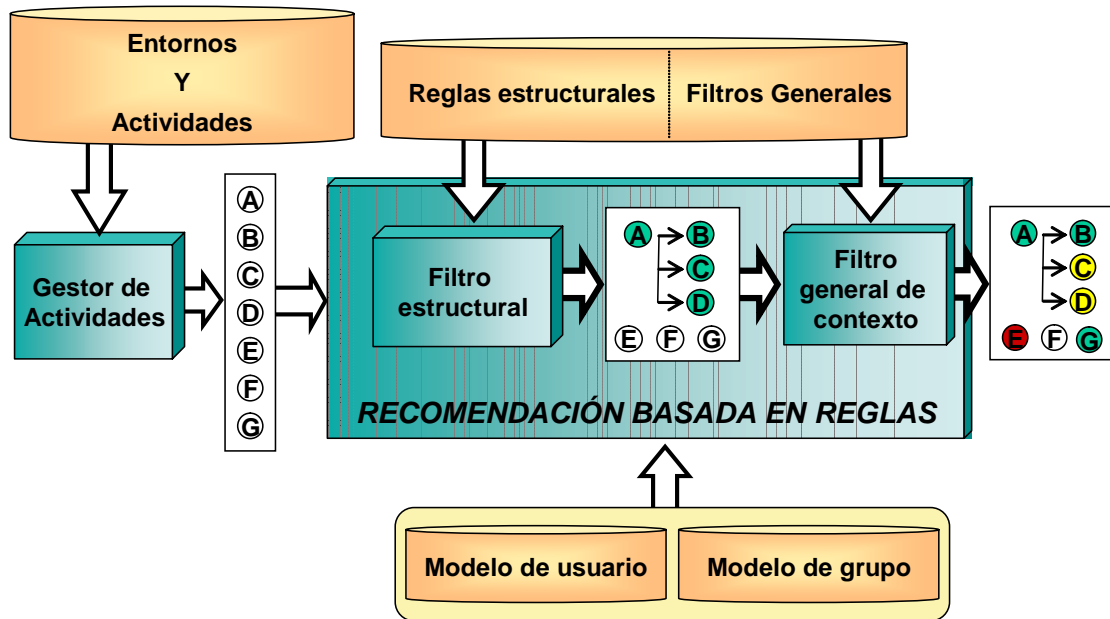


Figura 3.12. Tercer ejemplo de configuración de un entorno adaptativo ubicuo

Por último, disponer de un conjunto de herramientas colaborativas a veces no es suficiente. Los diseñadores pueden necesitar herramientas específicas que soporten la realización de determinadas actividades. Por ejemplo, existen aplicaciones con editores gráficos colaborativos complejos, que ofrecen un conjunto de elementos e iconos demasiado extenso. Algunos usuarios pueden pasar demasiado tiempo buscando los elementos e iconos más útiles para representar lo que desean en el documento que editan colaborativamente cuando realizan una determinada actividad. En este caso, sería útil poder **definir editores gráficos colaborativos adaptados** a la actividad concreta a resolver, de tal manera que los usuarios tuvieran a su disposición un conjunto determinado de iconos que incluyese todos los elementos necesarios para la realización de una actividad o representación de una solución, y sólo esos. De esta manera, el usuario no perderá tiempo en la búsqueda de elementos o iconos apropiados. Esta propuesta incluye la funcionalidad necesaria para crear editores gráficos colaborativos configurados según las necesidades particulares de cada actividad. Al configurar un editor de este tipo, es posible elegir los iconos que los alumnos podrán utilizar para representar la solución al problema propuesto [Martín08]. La herramienta implementada para permitir la creación y configuración de estos editores gráficos se describe en la sección 4.2.1 de esta memoria.

