

Aprendizaje colaborativo guiado: Fundamentos y aplicaciones

Miguel Angel Mora, Francisco Saiz, y Roberto Moriyón

Universidad Autónoma de Madrid, Escuela Politécnica Superior
Carretera de Colmenar Viejo, Km 15,
28049 Madrid, España
Roberto.Moriyon@uam.es
<http://www.ii.uam.es/~roberto>

Resumen

El objetivo de esta exposición es describir un tipo de sistemas para la enseñanza asistida por ordenador de reciente aparición, basados en el aprendizaje colaborativo guiado. Se muestra así mismo el contexto en el que han surgido estos sistemas y las principales ideas subyacentes. Igualmente se describe FACT, un framework para el desarrollo de aplicaciones educativas basadas en aprendizaje colaborativo guiado, y algunas aplicaciones desarrolladas con él.

1. Introducción

El objetivo de este artículo es la introducción de desarrollos tecnológicos recientes en el terreno de la enseñanza asistida por ordenador, relacionados con el aprendizaje colaborativo y dirigidos a potenciar la labor del profesor como guía del alumno. Estos desarrollos se basan en el aprendizaje colaborativo guiado, [10], que tiene como objetivo que los profesores puedan guiar a aquellos estudiantes que necesitan más ayuda en cada momento. Para conseguir este objetivo, se considera la posibilidad de revisar de forma síncrona o asíncrona el trabajo de los estudiantes, la propuesta de formas alternativas de realizarlo y la revisión de éstas con los estudiantes, también de forma síncrona o asíncrona. Entre los precedentes del aprendizaje colaborativo guiado se puede citar la utilización de historias de aprendizaje de vídeo y audio, [17], el análisis de historias de colaboración para la elaboración de estructuras a nivel social, [11], y algunas herramientas como CEVA, [2], que permiten el análisis colaborativo síncrono y asíncrono de una historia que consiste principalmente en datos en formato de vídeo.

La utilización de sistemas informáticos basados en el aprendizaje colaborativo guiado puede ser del mayor interés tanto en el aprendizaje a distancia como cuando se utiliza el ordenador como herramienta de apoyo para el aprendizaje presencial, y muy especialmente cuando la madurez de los estudiantes no es muy elevada o el número de éstos por profesor es muy elevado. Mediante el aprendizaje colaborativo guiado, los profesores pueden conseguir un conocimiento más detallado de los problemas que está teniendo cada estudiante en su trabajo. Gracias a ello, los estudiantes pueden disfrutar de una ayuda más personalizada, y pueden conseguir un conocimiento más profundo empleando menos tiempo en conseguirlo.

Más concretamente, el artículo está dedicado a la descripción de algunos de los aspectos más destacados de FACT, un *framework* que permite la adaptación sistemática y de forma simplificada de aplicaciones educativas basadas en el aprendizaje colaborativo guiado, así como de una herramienta

construida con FACT que permite el desarrollo de colecciones de problemas de Matemáticas y temas afines basados en esta tecnología.

El resto de esta presentación se estructura como sigue: La próxima sección está destinada a dar una descripción de otras teorías de aprendizaje y desarrollos en el ámbito tecnológico que proporcionará una perspectiva global del significado de los sistemas para la enseñanza colaborativa guiada. A continuación se describirá el *framework FACT* para el desarrollo de aplicaciones para el aprendizaje colaborativo guiado. Por último se describirán algunas aplicaciones desarrolladas con FACT, deteniéndonos especialmente en *ConsMath*, una herramienta para el desarrollo de colecciones interactivas de problemas de Matemáticas.

2. Sistemas para la enseñanza colaborativa guiada

En los últimos años se ha producido un considerable avance en la creación de aplicaciones, herramientas y recursos para la programación que permiten la colaboración entre los usuarios. Hoy día el trabajo colaborativo asistido por ordenador (Computer Supported Collaborative Work, CSCW) es un área de investigación consolidada, con congresos de prestigio mundial que se reúnen periódicamente. Además se han desarrollado productos a partir de proyectos de investigación en CSCW que están teniendo un gran éxito, como BSCW, [1]. El CSCW tiene como principal objetivo el estudio de la utilización de redes de ordenadores que permiten el trabajo en grupo a través de una interfaz compartida. Esta área de investigación, que tiene muy importantes puntos de conexión con la de las interfaces de usuario, tiene un carácter claramente multidisciplinar; en ella colaboran tecnólogos, psicólogos y sociólogos, cubriendo los distintos aspectos conceptuales que la configuran.

El aprendizaje colaborativo asistido por ordenador (Computer Supported Collaborative Learning, CSCL) es una subárea del CSCW cuyo objetivo es la mejora del proceso de aprendizaje mediante la colaboración de los estudiantes con otros agentes no estáticos. Estos agentes pueden ser de distinta naturaleza, como personas o agentes virtuales, y jugar distintos roles, como profesores o compañeros. También en esta área más restringida hay congresos de relieve especializados que se celebran periódicamente, así como publicaciones internacionales especializadas. Sin embargo, el grado de difusión de los productos resultantes de la investigación llevada a cabo en esta área es menor que en el caso del CSCW.

Jermann, [6], hace una clasificación exhaustiva de los sistemas para el aprendizaje colaborativo basada en el tipo de sistemas (sistemas replicativos, que muestran a los colaboradores las acciones de todos los participantes y sistemas de tutoría, que asesoran a los usuarios en base a estas acciones), el tipo de datos de interacción que contemplan, los procesos que utilizan para derivar representaciones de más alto nivel de los datos y el tipo de *feedback* que proporcionan a los usuarios.

El aprendizaje colaborativo admite distintos grados de libertad por parte de los estudiantes que participan en él. El aprendizaje con un tutor es habitualmente un caso extremo de colaboración dirigida, mientras que el aprendizaje en grupo entre estudiantes lo suele ser de colaboración independiente.

Pese a que la colaboración en sí es un concepto que por su propia naturaleza plantea retos tecnológicos de envergadura, como los derivados de los requisitos de sincronización entre los actores del trabajo colaborativo, mientras que el aprendizaje colaborativo es en primera instancia un caso particular del trabajo en grupo en el que parecen predominar las problemáticas interpersonales sobre las exigencias tecnológicas específicas, lo cierto es que cuando se analizan los requisitos que impone el aprendizaje colaborativo en un contexto más específico aparecen necesidades nuevas en el ámbito tecnológico que son dignas de investigación. Más adelante se verá algún ejemplo en que se dan estas circunstancias.

La labor investigadora que se hace en el contexto del CSCL es muy variada. Abarca el desarrollo de teorías sobre el aprendizaje colaborativo, que posteriormente se utilizan como referencias para establecer objetivos y criterios de evaluación en otros trabajos, así como la realización de experiencias de trabajo en grupo, el análisis del proceso de colaboración que tiene lugar en las experiencias anteriores para establecer los resultados obtenidos mediante el aprendizaje colaborativo y las circunstancias en las que éste es más efectivo, y el desarrollo de tecnologías que potencian el aprendizaje colaborativo y simplifican el diseño y el desarrollo de los materiales interactivos utilizados.

Hay evidencias empíricas de que el trabajo en grupo proporciona beneficios en el proceso de aprendizaje, sobre todo en temas de Ciencias. Los aspectos en los que estos beneficios son más destacados son la consecución de una mayor motivación y disposición a abordar problemas complejos y la promoción de una participación activa, lo que conlleva la incorporación del conocimiento a un nivel más profundo. El papel del profesor en este contexto deja de ser el de una simple fuente de conocimiento, convirtiéndose en un experto en aprendizaje, que orienta a los alumnos en su trabajo.

Entre las teorías relacionadas con el aprendizaje colaborativo destaca el Constructivismo, que postula que la adquisición o construcción del conocimiento se realiza mediante la participación activa en procesos relacionados con el mismo. El constructivismo, en su interpretación más pura, propone que el estudiante tenga libertad para explorar alternativas mientras experimenta y para elegir el camino a seguir y asuma la responsabilidad de su propio aprendizaje y que el profesor se responsabilice de darle ayuda. Presupone que con ello el estudiante desarrolla habilidades metacognitivas que le permiten monitorizar el rendimiento de su propio proceso de aprendizaje y dirigirlo. También proclama el desarrollo por parte del estudiante de una capacidad especial de adaptación de los métodos aprendidos a situaciones nuevas.

El constructivismo en el contexto clásico está muy ligado al trabajo experimental y de campo. En este aspecto, las Nuevas Tecnologías permiten extender la praxis constructivista a otros ámbitos mediante la simulación, el hipertexto, etc. Además, el constructivismo tiene pleno sentido en el ámbito colaborativo, en el que los estudiantes no se limitan a trabajar de forma independiente para la consecución de un objetivo, sino que además intercambian entre sí experiencias, resultados y conclusiones e incluso planifican en común el trabajo a realizar.

El constructivismo está muy relacionado también con la teoría del aprendizaje basado en problemas, próxima a su vez a las ideas anteriores, que propone que el proceso de aprendizaje se base en la resolución de problemas representativos de casos reales. Esta teoría se basa en la hipótesis de que con este enfoque el trabajo del estudiante resulta más atractivo, que consigue una mayor profundización en la abstracción de las ideas descubiertas en casos concretos y que se desarrolla de una forma especial la capacidad de reconocer ideas válidas para la resolución de problemas, así como que se generan actitudes de autoaprendizaje. El aprendizaje basado en problemas se planteó por primera vez de forma sistemática como una teoría didáctica en el contexto del aprendizaje de las ciencias biomédicas básicas. Posteriormente se ha estudiado y aplicado en otros contextos, especialmente en el de las Matemáticas, [15]. Evidentemente, el aprendizaje basado en problemas tiene pleno sentido en el ámbito colaborativo.

La teoría del aprendizaje guiado pone énfasis en la importancia de disponer de medios de revisión del trabajo realizado por parte del alumno. Esta revisión puede llevarse a cabo por el propio alumno, por un grupo de alumnos o por un profesor responsable de la misma junto con el alumno o grupo de alumnos. Debe de permitir el análisis de propuestas para mejorar los resultados obtenidos y superar las dificultades y errores cometidos, estudiando las alternativas existentes.

Como se verá en lo que sigue, la utilización del ordenador y de técnicas de trabajo colaborativo da lugar a un incremento de los beneficios del aprendizaje guiado al poner en manos del

profesor herramientas más potentes que le permiten seleccionar mejor la forma en que distribuye su trabajo y mantener un intercambio de información más eficiente desde el punto de vista formativo con los alumnos.

El concepto fundamental que permite que el ordenador asista en la enseñanza colaborativa guiada es el de historia de trabajo y revisión, [5]. Una historia de trabajo es una representación de la sucesión de acciones realizadas durante una o varias sesiones de trabajo, bien sea aislado o colaborativo, en una forma que permite su revisión y análisis posterior; por lo tanto viene a ser una grabación de las acciones del estudiante que se puede reproducir posteriormente. Las historias de trabajo y revisión permiten que se les añada nuevas historias elaboradas a partir de instantes determinados de las mismas, en las que se muestran otros caminos que se podrían haber seguido. Un ejemplo muy simple de una historia con revisiones corresponde a un análisis de una partida de ajedrez, en el que se estudia la forma en que la partida podría haber seguido a partir de determinadas posiciones si un jugador hubiera realizado una jugada diferente de la que hizo en la partida que se analiza. Uno de los primeros precedentes de la utilización de historias para el análisis de la interacción en procesos se encuentra en el trabajo de B. Shneiderman y sus colaboradores, [13], que desarrollaron un sistema que permite el aprendizaje colaborativo de los principios básicos de la tecnología de las bombas de vacío a través de su simulación y le incorporaron un sistema de historias de colaboración que permitía su revisión posterior.

3. FACT: Un framework para el desarrollo de aplicaciones para el aprendizaje colaborativo guiado

En esta sección se describirá *FACT*, [8], un *framework* para el desarrollo de aplicaciones para el aprendizaje colaborativo guiado que utiliza historias de aprendizaje y revisión que pueden incorporar anotaciones que contienen referencias a otras historias. La Fig. 1 muestra la arquitectura de *FACT*.

Las aplicaciones desarrolladas con *FACT* permiten a varias personas conectadas a una red de ordenadores, incluyendo un profesor, participar simultáneamente o asincrónicamente en sesiones de aprendizaje. Los estudiantes pueden trabajar aisladamente o formando grupos que comparten comentarios o análisis de diferentes alternativas que se presentan en su trabajo conjunto.

Cuando trabajan en grupo en una aplicación desarrollada con *FACT*, los estudiantes pueden hacer propuestas para las siguientes acciones a tomar simplemente poniéndolas en efecto y mostrándoles a continuación a sus compañeros la historia correspondiente. La evolución del trabajo final, incluyendo las propuestas de los distintos estudiantes y las decisiones correspondientes, quedan a disposición del profesor y del propio grupo para su revisión. De esta forma, los estudiantes tienen todas las ventajas de las técnicas clásicas de trabajo en grupo, y el profesor tiene la ventaja de poder revisar el trabajo, contemplar las acciones de los estudiantes, corregir los errores más importantes que encuentra en ellas y hacer sus propias propuestas para su revisión posterior. Cuando un estudiante trabaja individualmente el profesor puede proporcionarle una ayuda semejante.

Independientemente de la forma de trabajo, *FACT* permite que los estudiantes en su conjunto reciban una idea más directa y más profunda de lo que han hecho equivocadamente o simplemente de lo que pueden hacer mejor. Esto se consigue especialmente mediante la posibilidad de trabajar con ejemplos de situaciones más simples en las que aparecen problemas similares a los que dificultan su trabajo y practicar con ellos, bien sea por sí mismos o síncronamente con el profesor.

Los profesores pueden enseñar a sus alumnos cómo resolver problemas haciendo que sigan síncronamente su resolución. También pueden guiarles directamente mientras trabajan mostrándoles síncronamente alternativas a las decisiones que hacen o, indirectamente, creando anotaciones que

pueden incluir enlaces a ejemplos guardados que ilustran situaciones similares o creando alternativas para que los estudiantes las analicen posteriormente. Además, pueden revisar la labor de análisis de otros estudiantes, leyendo sus anotaciones. Para facilitar el trabajo del tutor, las aplicaciones basadas en *FACT* pueden utilizar agentes que le informan cuando un estudiante o grupo de estudiantes necesitan ayuda.

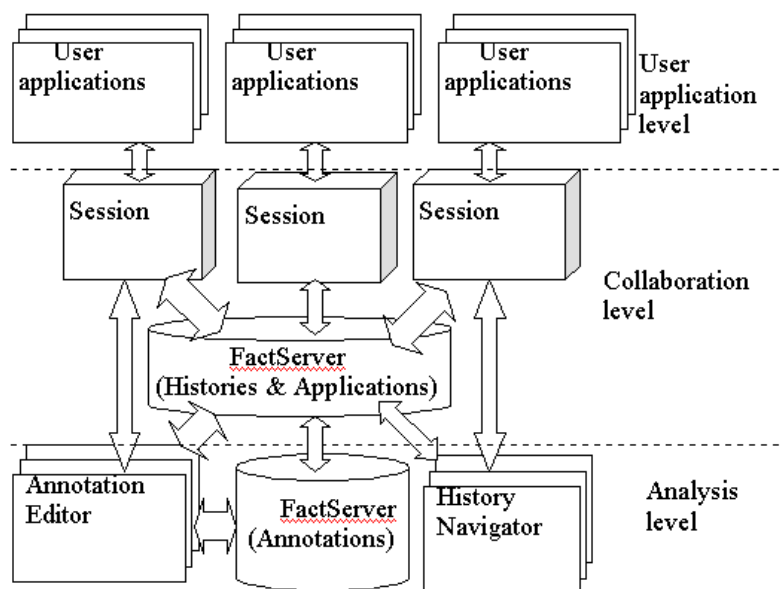


Fig. 1. Arquitectura del framework FACT

Hasta el momento se han desarrollado dos aplicaciones basadas en *FACT*, *ChessEdu*, [7], y *ConsMath*, [9], [10], aparte de otros ejemplos sencillos para la validación inicial del *framework*, como una aplicación para el aprendizaje de la resolución de puzzles. *ChessEdu* permite la práctica y el aprendizaje del ajedrez por uno o más estudiantes, mientras un profesor sigue varios juegos e interactúa con ellos. Para utilizar *ChessEdu*, como cualquier otra aplicación desarrollada con *FACT*, es necesario que corra en una máquina un servidor de sesiones de *FACT*. Cada sesión representa un grupo de participantes síncronos que trabajan sobre una partida determinada. Varias sesiones pueden trabajar simultáneamente sobre el mismo juego, que puede estar jugándose a la vez o no.

FACT es especialmente adecuado para el aprendizaje de tareas y materias en las que los conocimientos adquiridos se utilizan para resolver problemas y en la adquisición de destrezas específicas, situación muy común en las Ciencias clásicas (Matemáticas, Física, Química), la utilización simulada de equipamientos, el aprendizaje del manejo de herramientas informáticas interactivas y el aprendizaje de juegos. Además, *FACT* permite compaginar el paradigma constructivista con el aprendizaje basado en problemas y el aprendizaje guiado colaborativo.

Es posible incorporar *FACT* a una aplicación no colaborativa si ésta cumple unos requerimientos poco exigentes. La aplicación tiene que estar desarrollada en *Java* y permitir operaciones de *deshacer/rehacer*, además de utilizar el protocolo de *Java Beans*. Para adaptar una aplicación de este tipo a *FACT* se ha de implementar la interfaz de *FACT CollaborativeApplication*, que permite crear un agente de colaboración. Los eventos capturados por la aplicación se envían al agente en lugar de ser tratados directamente por la interfaz. El agente los envía automáticamente a las distintas aplicaciones que participan de la misma sesión, y un receptor centralizado de eventos de colaboración los trata en la forma en que antes lo hacía la interfaz inicial de la aplicación.

4. ConsMath: Un sistema para el aprendizaje colaborativo guiado de Matemáticas

En esta sección se describen algunas aplicaciones para la enseñanza de las Matemáticas que han surgido en los últimos años, incluyendo la aplicación de *FACT* en este contexto para permitir el aprendizaje colaborativo guiado de materias que involucran la manipulación de fórmulas matemáticas.

Conviene mencionar en primer lugar a *Calculus Wiz*, [16], un curso interactivo desarrollado sobre *Matemática* que consiste en un conjunto de *cuadernos* que ayudan al alumno a resolver una gran cantidad de los problemas típicos de un primer año de cálculo. El alumno sólo necesita rellenar determinados campos, normalmente con fórmulas matemáticas, y pulsar botones para resolver los ejercicios que le plantea el sistema. Desde un punto de vista interactivo, probablemente es actualmente uno de los sistemas de enseñanza de Matemáticas más avanzados. Sin embargo no es una herramienta. Su contenido es fijo y, salvo nuevas versiones de la aplicación, el usuario no puede incrementar el contenido del curso por sí mismo. Posteriormente, *MathEdu*, [4], *Calculus Machina*, [14] y *EGrade*, [12], representan avances en aspectos importantes como la capacidad de extender problemas y métodos de resolución a otros más generales o de resolver problemas que incluyen la resolución de otros más simples, la inclusión de una herramienta que permite que un profesor pueda definir cursos arbitrarios, la posibilidad de definir distintas estrategias para la resolución de diferentes tipos de problemas y la simplicidad de la interfaz del profesor para definir nuevos cursos, evitando la necesidad de tener conocimientos avanzados de programación. La Fig. 2 muestra una instantánea del diálogo de un estudiante con un curso desarrollado utilizando *MathEdu*.

Más recientemente, *ConsMath*, [9], [10], es una herramienta que permite la creación de conjuntos interactivos de problemas que involucran fórmulas matemáticas y su manipulación a partir de documentos estáticos. *ConsMath* tiene muchas características comunes con *MathEdu*, que en muchos aspectos es su antecesor, añadiendo a los cursos generados con esta herramienta la posibilidad de ser ofrecidos a través de Internet y la capacidad de trabajar en forma cooperativa guiada, para lo cual integra la funcionalidad del framework *FACT* descrito en la sección anterior. Además, *ConsMath* está diseñado para permitir la utilización de una metodología por la cual los conjuntos interactivos de problemas se desarrollan añadiendo capacidades interactivas sucesivas a partir de documentos estáticos, según se explica más adelante. La Fig. 3 muestra la arquitectura de *ConsMath*. En lo que sigue se describirán los aspectos más sobresalientes de esta herramienta.

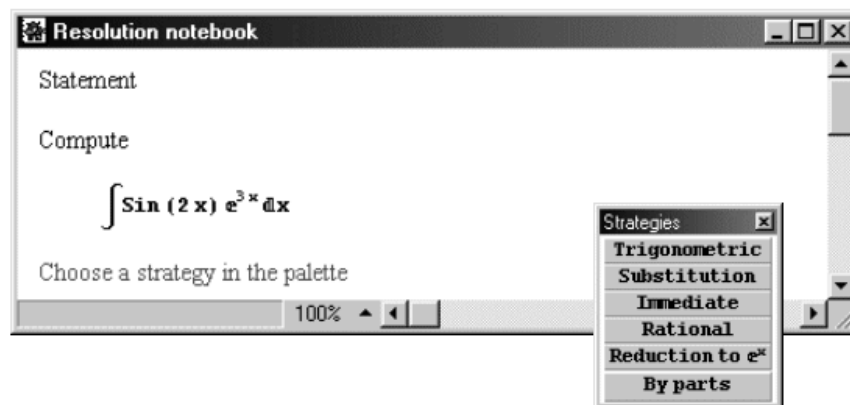


Fig. 2. Enunciado y paleta para la selección de estrategia en MathEdu

El primer concepto esencial que incorpora *ConsMath* es el de la generalización de un documento con fórmulas matemáticas, algo existente en otros sistemas para la creación de documentos con capacidad de manipulación simbólica. Mediante la generalización en un documento

que incluya por ejemplo el cálculo de una integral se puede modificar una fórmula, como el integrando de la integral inicial, y el resto de las fórmulas que aparecen en el documento se actualizan automáticamente. En *ConsMath* esto se consigue mediante la utilización de un sistema de restricciones similar a las fórmulas que relacionan las casillas en una hoja de cálculo; el sistema de restricciones de *ConsMath* puede relacionar entre sí campos de texto, fórmulas matemáticas o componentes gráficas, que se actualizan automáticamente cuando cambia cualquier otra componente de la que dependen. La generalización de un documento exige únicamente añadir en cada campo dependiente una fórmula que diga cómo se calcula su contenido. Así, por ejemplo, para generalizar una integral que se calcula mediante un cambio de variable es necesario introducir una fórmula genérica que indica que hay que sustituir la integral de $f(g(x)).g'(x)dx$ por la de $f(u)du$. Además, en los campos que no dependen de otros se pueden indicar condiciones para la aceptación de la fórmula o datos que contienen. Así, en el ejemplo anterior se pondría la condición de que el integrando tenga la forma indicada para poder hacer el cambio de variables. Esto se puede hacer sin necesidad de tener conocimientos de programación gracias a la utilización de patrones de fórmulas y un procedimiento de *pattern matching* potente. *ConsMath* utiliza el sistema de cálculo simbólico *Matemática* para esta tarea.

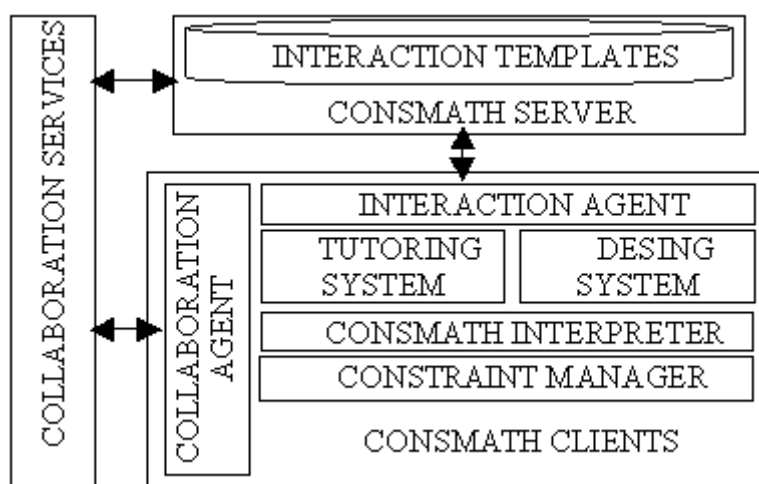


Fig. 3. Arquitectura de ConsMath

ConsMath, al igual que *MathEdu*, permite que el profesor determine un diálogo interactivo que tendrá lugar entre el estudiante y el sistema. El tipo de diálogo se puede ejemplificar mediante la resolución de una ecuación diferencial ordinaria como $y' = (\cos x) y - 5 \cos x$. Este problema lo genera automáticamente el sistema tras la generalización de otro semejante introducido por el profesor. Cuando el alumno intenta resolverlo, *ConsMath* le hace sucesivamente preguntas como las que se muestran a continuación.

1. De qué tipo es la ecuación que tienes que resolver?
 - a. Ecuación lineal no homogénea
 - b. Ecuación lineal homogénea
 - c. Ecuación de Ricatti

Respuesta: a
2. Escribe la ecuación homogénea que tienes que resolver.

Respuesta: $y' = (\cos x) y$
3. Qué método se utiliza para la resolución de la ecuación homogénea?
 - a. Utilización de un factor integrante
 - b. Separación de variables
 - c. Computación directa

Respuesta: b

4. Escribe la solución general de la ecuación homogénea

Respuesta: $y=Ce^{\text{sen } x}$

5. Cómo se calcula una solución particular de la ecuación original?

a. Derivando la ecuación homogénea

b. Sustituyendo la constante que aparece en la solución general de la ecuación homogénea por una función de x

c. Derivando la solución general de la ecuación homogénea

Respuesta: b

A medida que el estudiante va contestando las respuestas acertadas se le van mostrando los distintos pasos de la resolución del problema. En caso de que se equivoque, se le muestran explicaciones que aclaran los conceptos involucrados. El proceso continúa hasta que el estudiante resuelve el problema por completo. El profesor, en el momento en que diseña el problema interactivo, puede decidir el diálogo concreto que tiene lugar, que puede ser diferente del anterior.

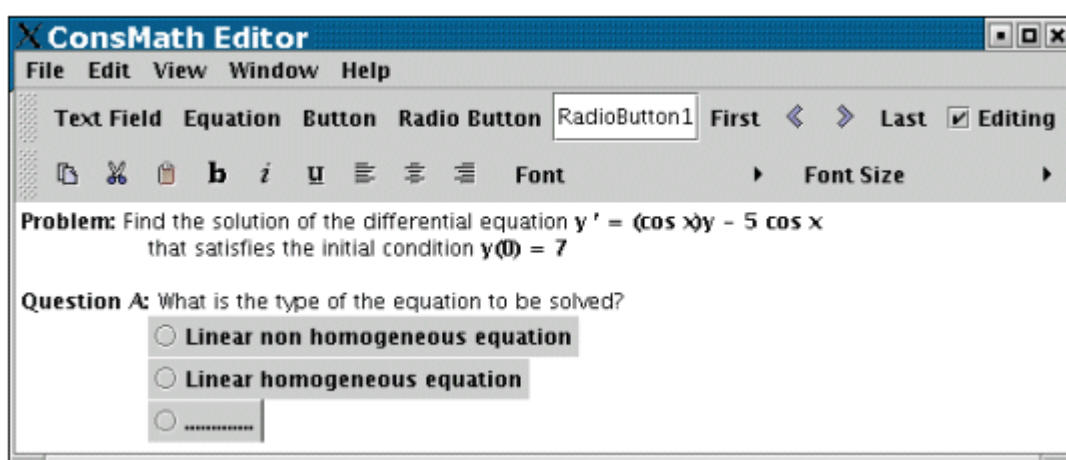


Fig. 4. Editor de ConsMath

La especificación por el profesor de este diálogo se efectúa mediante una interfaz muy sencilla, que tiene la misma apariencia que el entorno en el que el estudiante resuelve el problema, excepto por la disponibilidad de funcionalidad adicional que se activa desde los menús y barras de herramientas. La Fig. 4 muestra la especificación del primer paso en un problema como el anterior.

El profesor tiene que determinar cómo continúa el trabajo del estudiante dependiendo de la respuesta que dé a cada una de las preguntas que se le hacen. Para ello, cuando termina de especificar una pregunta y cuál es la respuesta correcta se le muestra la parte anterior disponible del documento, ocultando la última pregunta; en ese momento el profesor puede editar el documento, añadiéndole más material proveniente del inicial o nuevo texto para esa situación específica. De esta forma, el profesor trabaja en cada momento en el mismo contexto que el estudiante que va a seguir el diálogo especificado. Para poder retroceder y determinar la forma en que reacciona el sistema cuando el estudiante da una respuesta diferente a la correcta, el profesor utiliza las flechas de avance y retroceso situadas en la parte superior de la ventana de diseño. Con ello activa los mecanismos de *FACT*, que permiten a la interfaz volver atrás en el estado de la interfaz siguiendo su propia historia de diseño. Así pues, la especificación final de la resolución interactiva de un problema con todas sus variantes dependiendo de las acciones del usuario se representa mediante una historia de interacción con alternativas especificada por el profesor.

El desarrollo de técnicas de diseño de interfaces que permiten al diseñador trabajar en el mismo contexto de los usuarios finales constituye un campo importante de investigación dentro del

área de las interfaces de usuario, la programación mediante demostración, [3]. En el párrafo anterior se ha descrito los mecanismos novedosos de programación mediante demostración que utiliza *ConsMath*, basados en la utilización del *framework* para la enseñanza colaborativa guiada *FACT*.

Como ya se ha dicho, *FACT* no solamente proporciona la base para la representación mediante historias de interacción de los documentos interactivos de *ConsMath*, sino que también permite que el trabajo del estudiante se realice en un contexto de colaboración guiada. Ante un problema como el descrito anteriormente, no solamente el sistema hace un seguimiento de la ejecución de los distintos pasos por parte del estudiante, sino que el profesor puede comprobar el proceso que ha seguido, bien sea por iniciativa propia, a petición del estudiante o como consecuencia de la acción de un agente que detecta la existencia de dificultades en el proceso de resolución. Tras ello, el profesor puede proponerle al estudiante otras alternativas para realizar su trabajo.

5. Conclusiones

La aparición de sistemas informáticos educativos basados en el aprendizaje guiado colaborativo es un paso adelante para conseguir que tanto la enseñanza a distancia como la enseñanza presencial con apoyo del ordenador superen algunas de sus limitaciones principales, manteniendo a la vez todas sus ventajas. Este tipo de sistemas pueden ser útiles en el aprendizaje de materias muy diversas. En los próximos años se podrá ver cuáles son las posibilidades reales de las tecnologías que se desarrollen en esta dirección.

6. Referencias

1. Appelt, W.: What Groupware Functionality do Users Really Use? In Proceedings of the 9th Euromicro Workshop on PDP 2001, Los Alamitos, IEEE Computer Society (2001)
2. A. Cockburn and T. Dale, CEVA: A Tool for Collaborative Video Analysis, in Proceedings Group'97 (ACM press, 1997) 47-55.
3. Cypher, A.: Watch what I do. Programming by Demonstration, MIT Press, Cambridge, MA (1993)
4. Díez, F., Moriyón, R.: Doing Mathematics with MathEdu, proc. IXth Conference of Mathematics/Science Education & Technology, AACE (1999) 247-251
5. Graham, T.C.N., Grundy, J.C.: External Requirements of Groupware Development Tools. En Engineering for Human-Computer Interaction 363-376, Dordrecht, Kluwer Acad. Publ. (1999)
6. Jermann, P., Soller, S, Muehlenbrock, M.: From Mirroring to Guiding: A Review of State of the Art Technology for Supporting Collaborative Learning. Proceedings of ECSCL01, Maastricht (2001)
7. Mora, M.A., Moriyón, R.: Guided collaborative chess tutoring through game history analysis, Proceedings SIIE'2000, Universidad de Castilla-La Mancha, Spain (2000)
8. Mora, M., Moriyón, R.: Collaborative Analysis Tutoring: The Fact Framework, in Learning Technology: Issues, Achievements and Challenges, Los Alamitos, IEEE Computer Society Press (2001)
9. Mora, M., Moriyón, R., Saiz, F.: Mathematics Problem-Based Learning Through Spreadsheet-Like Documents, in Proc. Second International Conference on the Teaching of Mathematics (ICTM2), N. York, John Wiley & Sons Inc. (2002)
10. M.A. Mora, R. Moriyón and F. Saiz, Developing applications with a framework for the analysis of the learning process and collaborative tutoring, Int. J. Cont. Engineering Education and Lifelong Learning 13. 3/4 (2003) 268-279.
11. K. Nurmela, R. Lehtinen and T. Palonen, Evaluating CSCL Log Files by Social Network Analysis, in Proceedings CSCL'99 (Lawrence Erlbaum Associates, 1999) 434-442.
12. Orr, J.L., Franklin, B.: Egrade: Student Learning Guide, John Wiley and Sons (2000)

13. Plaisant, C., Rose, A., Rubloff, G., Salter, R., Shneiderman, B.: The Design of History Mechanisms and their Use in Collaborative Educational Simulations. In Proceedings of the Computer Support for Collaborative Learning (CSCL) 1999 Conference, C. Hoadley & J. Roschelle (Eds.), Lawrence Erlbaum (1999)
14. Quinney, D.: Calculus Machina: An intelligent tutor providing computer based support for teaching undergraduate calculus. Proc. 2nd Int. Conference on the Teaching of Mathematics. Hersonissos, Crete (2002)
15. Schoenfeld, A.H.: Learning to Think Mathematically: Problem Solving, Metacognition, and Sense-Making in Mathematics, in D. Grouws, Ed., Handbook for Research on Mathematics Teaching and Learning 334-370, New York, MacMillan (1992)
16. Stroyan, K.D.: Will Yesterday's Calculus Education Survive Mathematica?, Worldwide Mathematica Conference, Wolfram Research (1998)
17. P. Thomas, L. Carswell, J. Emms, M. Petre, B. Poniatowska and B. Price, Distance Education over the Internet, in Proceedings of the conference on Integrating technology into computer science education (ACM press, 1996) 147-149.

