

DEGREE: Un sistema para la realización y evaluación de experiencias de aprendizaje colaborativo en enseñanza a distancia*

B. Barros & M.F. Verdejo

Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control (U.N.E.D.)
Ciudad Universitaria, s/n - 28040 Madrid
e-mail: {bbarros, felisa}@ieec.uned.es

RESUMEN

Se presenta un sistema en el que se combina trabajo de modelización con trabajo experimental para permitir al usuario beneficiarse de la tecnología con ayuda de la Inteligencia Artificial y de los Sistemas Cooperativos. Se ha trabajado en la definición de modelos para formalizar y construir artefactos computacionales que permitan proponer innovaciones en las formas de enseñar y aprender. Se presenta una arquitectura genérica para aprendizaje colaborativo organizada en cuatro niveles y a partir de la cual se ha desarrollado el sistema *DEGREE* (acrónimo de *Distance education Environment for GRoup ExperiencEs*). Este sistema permite la realización de experiencias de aprendizaje colaborativo a distancia y el análisis de la forma de trabajar de los grupos cuando realizan las tareas comunes.

Palabras clave: aprendizaje colaborativo, construcción social de conocimiento, trabajo colaborativo, estudio de la colaboración, teoría de la actividad.

1.- INTRODUCCIÓN

La investigación actual sobre el aprendizaje humano se interesa por las relaciones entre la cognición y los procesos sociales. Desde perspectivas diferentes, se afirma que el aprendizaje mejora cuando se realiza como una actividad constructivista y social. El *aprendizaje colaborativo* se ha definido como la adquisición de conocimiento, habilidades o actitudes por parte del individuo mediante su interacción con el grupo. El aprendizaje colaborativo es una actividad social que involucra a una comunidad de alumnos en la que se comparten conocimientos y se adquieren otros nuevos, proceso que se ha denominado como *construcción social de conocimiento* (Jonassen, Mayes & McAleese, 1992).

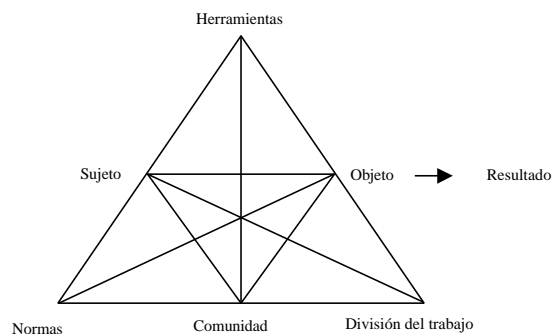


Figura.1. Elementos de una actividad de la Teoría de la Actividad

La teoría sociocultural propone la Teoría de la Actividad como marco para representar las actividades de grupos de personas en donde la tecnología juega el papel mediador. Dentro de esta teoría, se desarrolló un modelo de análisis que

* Parcialmente soportado por la CICYT en el proyecto (TEL97-0328-C02-01) <http://sensei.ieec.uned.es/~steed>

permite identificar y representar los elementos humanos y artificiales vinculados a una actividad de grupo, capturando aquellas relaciones socio-culturales del entorno, relevantes para la situación en la que dicha actividad se produce (Nardi, 1996). En este modelo la entidad básica es la actividad (figura 1) para la que se definen: la comunidad involucrada y las normas sociales que rigen su funcionamiento, la división del trabajo que se sigue para realizar la actividad, las herramientas (físicas y mentales) que se proporcionan para la acción e interacción, entre ellas cabe destacar por su singular importancia el lenguaje, el sujeto que realiza la actividad, el objeto de la actividad y el resultado al que se quiere llegar. En este trabajo presentamos una arquitectura y un sistema para

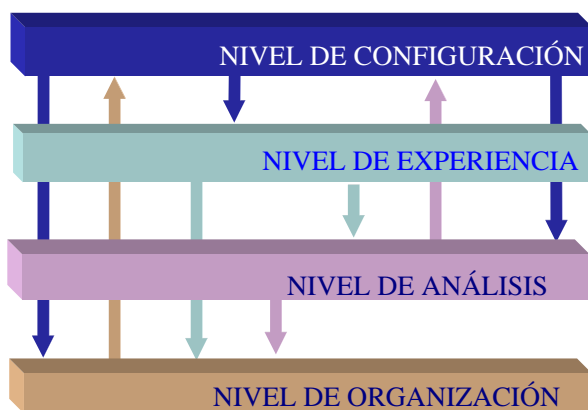


Figura 2. Niveles de la arquitectura

soportar el aprendizaje colaborativo en un marco de educación a distancia. Hemos partido de la teoría de la actividad como herramienta de análisis y diseño tanto para el sistema como para las experiencias de aprendizaje colaborativo, para poder tener una visión global del contexto y de los elementos que intervienen en una situación de aprendizaje.

En el siguiente apartado se presenta la arquitectura a partir de la cual se ha implementado el sistema DEGREE (acrónimo de *Distance education Environment for GRoup ExperiencEs*), que se describe en el tercer apartado. El sistema soporta la realización de una variedad de tareas de aprendizaje por parte de grupos pequeños de estudiantes, permitiendo diversos métodos de colaboración entre los miembros del grupo. A continuación se comenta el proceso de diseño seguido y el tipo de experiencias realizadas con alumnos de educación a distancia. Se ha seguido una aproximación centrada en el usuario, de forma que se ha incorporado “iniciativa” y “soporte inteligente” por parte del

sistema siempre que supusiera una intervención aceptable para los usuarios (profesores y alumnos).

2.- LA ARQUITECTURA

La arquitectura se fundamenta en un conjunto de principios básicos que han inspirado su diseño y que materializan aspectos propios del paradigma CSCL (*Computer Supported Collaborative Learning*) (Koschmann, 1996) en el que se enmarca. Estos principios son: (1) construcción conjunta de la solución de un problema siguiendo algún método de colaboración, (2) coordinación de los miembros del grupo para organizar su trabajo, (3) semi-estructuración de los mecanismos que soportan la discusión argumentativa y la consecución de acuerdos entre los participantes, (4) interés tanto en el proceso de aprendizaje como en el resultado del trabajo del grupo, y por tanto representación explícita de los procesos de producción e interacción.

La arquitectura se organiza en cuatro niveles (figura 2):

- Nivel de configuración. Una vez que los profesores han diseñado una experiencia de aprendizaje colaborativo, este nivel les permite configurar e instalar aplicaciones para que estudiantes organizados en pequeños grupos puedan compartir recursos para realizar según el método de colaboración establecido, actividades de aprendizaje a distancia. Se facilita la configuración ya que pueden definirse nuevas aplicaciones reutilizando componentes y/o creando nuevos a partir de mecanismos de genericidad.
- Nivel de experiencia. Permite la realización de experiencias colaborativas mediante espacios compartidos asociados a la resolución de cada tarea. Las tareas son variadas, en torno a la idea subyacente de elaboración conjunta de un documento estructurado mediante un proceso de argumentación y consenso. El sistema facilita y gestiona las contribuciones de los usuarios, ayudando a construir una solución común. Además recoge de forma estructurada la participación y producción generada por los usuarios, constituyendo esta información un recurso tanto para el nivel de análisis como de organización (memoria institucional).
- Nivel de análisis. A partir de la participación de los usuarios durante una experiencia, de las contribuciones que han realizado para producir la solución de la tarea, y de la propia definición de la experiencia, se ofrecen métodos de análisis cuantitativo y cualitativo de la forma de trabajar

del grupo y del proceso que permite llegar al resultado común. Este nivel brinda una perspectiva para observar y valorar las actitudes de los usuarios durante el trabajo en grupo, pero también constituye una fuente de información para que los profesores evalúen la adecuación entre los objetivos de aprendizaje, las actividades que se han propuesto para

- *Nivel de organización.* Permite recoger, seleccionar y almacenar de forma valorada, estructurada y con un cierto nivel de abstracción, resultados y procesos del trabajo de los diferentes grupos, en forma de casos. Esta memoria de casos soporta operaciones de búsqueda para que los casos almacenados puedan ser reutilizados posteriormente

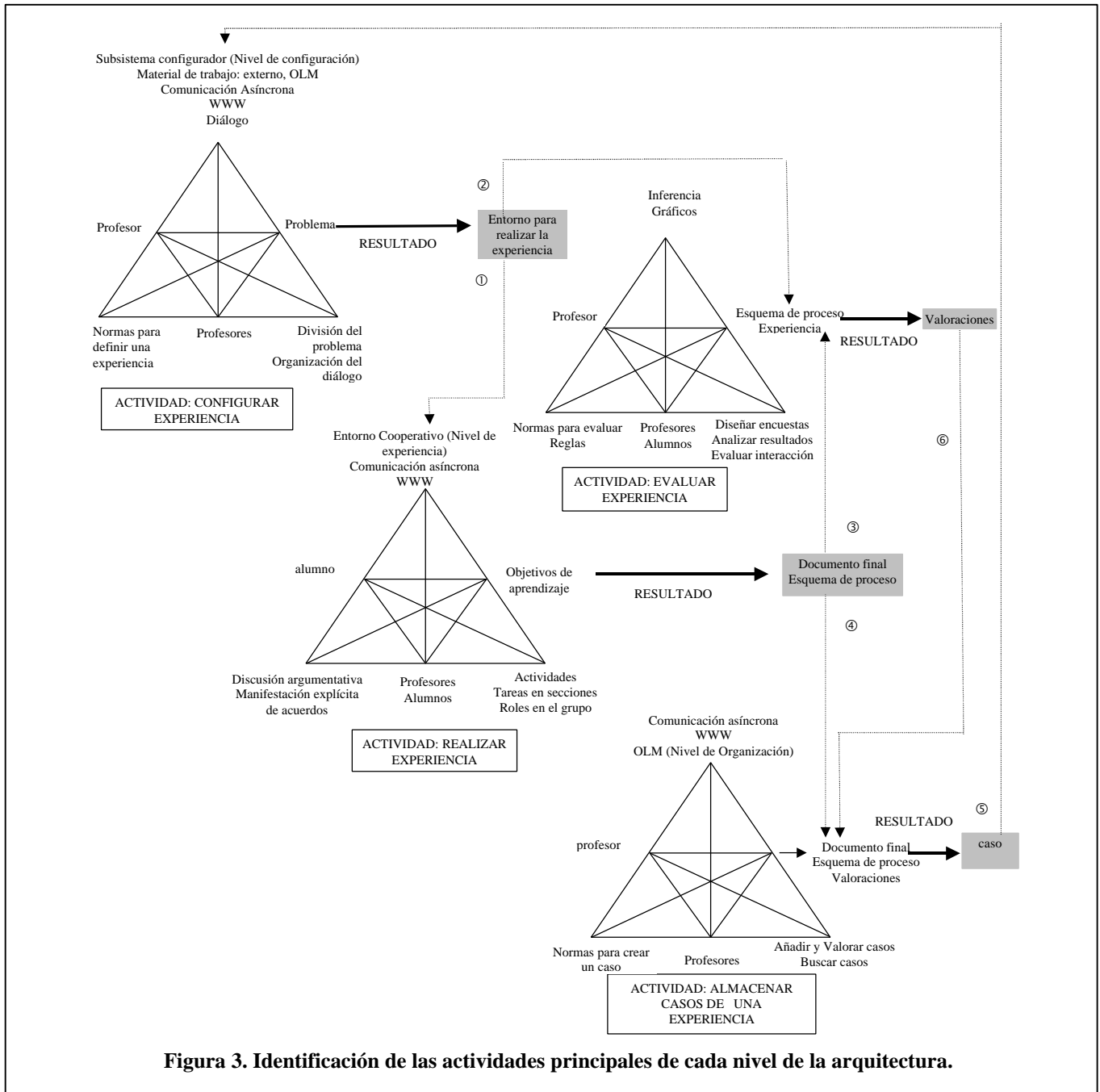


Figura 3. Identificación de las actividades principales de cada nivel de la arquitectura.

alcanzarlos y lo que en la práctica se ha producido.

(Verdejo & Barros, 1998).

Mediante la Teoría de la Actividad describimos globalmente cada uno de los niveles, ofrecemos un resumen a continuación:

- **CONFIGURAR EXPERIENCIA:** Uno o más profesores (comunidad) a partir de unos objetivos de aprendizaje (objeto) configuran una experiencia (resultado) de aprendizaje colaborativo. Para ello utilizan como herramienta el subsistema del nivel de configuración que facilita la definición de los elementos de la experiencia. También se pueden considerar como herramientas el material de trabajo que van a manejar los estudiantes, así como el resultado de experiencias anteriores. La definición de una experiencia se divide en varios pasos, soportados por el sistema de configuración: definir el grupo (según el método de colaboración y las tareas a realizar, se especifican los roles), la estructura conversacional, los espacios de trabajos y finalmente las actividades. Los profesores, efectuarán la configuración siguiendo las normas y división del trabajo que previamente acuerden.

La experiencia así definida será el objeto de otras actividades del sistema, concretamente de la actividad “Realizar Experiencia” (indicado con ① en la figura 3) y de la actividad “Evaluar Experiencia” (indicado con ② en la figura 3).

- **REALIZAR EXPERIENCIA:** Un grupo de alumnos y profesores (comunidad) realiza una experiencia utilizando un entorno informático que les permite trabajar a distancia (herramientas) para conseguir unos objetivos de aprendizaje comunes. Los alumnos adquieren un compromiso de participación, y ejercen una responsabilidad compartida sobre el proceso y el resultado. Una experiencia se organiza en actividades que a su vez pueden dividirse en tareas y subtareas (división del trabajo). Además existen roles en el grupo, definidos según el modo de colaboración que se haya establecido y que han sido aceptados por los miembros del grupo. Las normas de trabajo indican que cada tarea se ha de abordar utilizando un modo de discusión argumentativa. El sistema soporta la elaboración conjunta de una solución, ofreciendo tipos de contribuciones posibles en cada momento, según el modelo de conversación elegido para la tarea. Existen diversos métodos de acuerdo, (uno de ellos ha sido previamente seleccionado), pero todos comparten la regla de que un acuerdo ha de manifestarse de forma explícita. Se considera que una tarea está finalizada cuando hay un

documento comúnmente elaborado y aceptado. El resultado de la experiencia incluye un documento final por cada tarea que hay que realizar junto con el esquema del proceso de elaboración seguido por el grupo.

Los resultados de esta actividad son el objeto de trabajo de otras actividades, concretamente de la actividad "Almacenar resultados" (indicado con ③ en la figura 3) y de la actividad "Evaluar experiencia" (indicado con ④ en la figura 3).

- **EVALUAR UNA EXPERIENCIA.** Esta actividad involucra sobre todo a los profesores pero también considera a los alumnos (comunidad). Para realizar esta actividad se utilizan herramientas para la visualización gráfica de los resultados de las experiencias y herramientas para el análisis cualitativo de la participación de los estudiantes. Este se realiza mediante la aplicación de reglas de inferencia que expresan los criterios de valoración. Son objeto de análisis los elementos que configuran la experiencia, el resultado y toda la información acerca del proceso que lleva a la solución.
- **ALMACENAR CASOS DE UNA EXPERIENCIA.** Los profesores (comunidad) añaden y valoran casos (división del trabajo) a partir de los resultados de las experiencias y del esquema de proceso. Para ello utilizan una herramienta que les permite visualizar, seleccionar material, anotar y valorar cada caso que se va a crear. Como resultado se tiene una base de casos que se pueden reutilizar para definir nuevas experiencias (indicado con ⑤ en la figura 3).

3.- EL SISTEMA DEGREE

A partir de la arquitectura se ha implementado el sistema DEGREE en el cual cada uno de los niveles de la arquitectura se instancia en un subsistema independiente e interrelacionado con los otros. DEGREE es un sistema que sigue un modelo cliente-servidor que permite a grupos de alumnos comunicarse y trabajar en grupo de forma asíncrona (ya que este modo de comunicación es el más económico y el que mejor se ajusta a la forma de trabajar de los alumnos a distancia que usualmente no comparten el mismo horario de estudio). A continuación se presentan tres de los subsistemas de degree, para más información sobre el subsistema del nivel de organización consultar (Verdejo & Barros, 1998).

3.1.- Subsistema Manejador de Experiencias del Nivel de Experiencia

Este subsistema permite a un grupo de alumnos realizar experiencias de aprendizaje colaborativo a distancia. El sistema tiene información acerca de la tarea y del grupo, de forma que puede representar de forma estructurada el proceso que los usuarios realizan para llevar a cabo una tarea. Además, registra todos los accesos y acciones que tienen lugar durante la realización de una experiencia. Cuenta con mecanismos de personalización, por lo que cada usuario va a recibir notificaciones individualizadas sobre la evolución del trabajo común.

Una experiencia puede estar formada por una o más actividades que hay que llevar a cabo. Estas actividades pueden ser independientes entre sí o estar relacionadas por contenidos o restricciones

temporales. Una actividad se compone de una o más tareas.

Este subsistema basa su funcionamiento en el concepto de *espacio de trabajo*, entendido como una zona estructurada para elaboración e intercambio de información independiente e interrelacionada con las otras del entorno, pero respondiendo a una visión de una parte de la tarea que se está realizando. Cada espacio de trabajo se puede ver como una zona de recursos con una funcionalidad específica que permite la realización de una tarea o subtarea. Así, un espacio tiene una *estructura*, ofrece al usuario una serie de *recursos* que le permiten interactuar con él, tiene una *funcionalidad* específica con privilegios/restricciones que se pueden asociar a roles, y se presenta al usuario con diferentes *vistas* de los objetos que contiene.

Distinguimos dos formas de acceso a los espacios de trabajo, privado y de grupo, lo que conforma respectivamente espacios de trabajo privados o de grupo. Un espacio de trabajo a su vez puede ser de dos tipos, que llamaremos *espacio de tarea* y *espacio de coordinación*. Un espacio de tarea, como su nombre indica, está asociado a una tarea de una actividad y su función es ofrecer un lugar y unos recursos para que el grupo la realice. Un espacio de coordinación está asociado a una actividad y su función es ofrecer un lugar que permita la comunicación y coordinación del grupo

durante la realización de las tareas de esa actividad.

3.1.1.- Espacio de Tarea

Es un espacio asociado a una tarea, que tiene que ser realizada bien individualmente o en grupo y da lugar, respectivamente, a un espacio de tarea individual o espacio de tarea de grupo. Excepto por esa diferencia en el acceso, la estructura y funcionamiento son similares, por lo que se describe de forma conjunta.

La resolución de cada tarea se realiza mediante

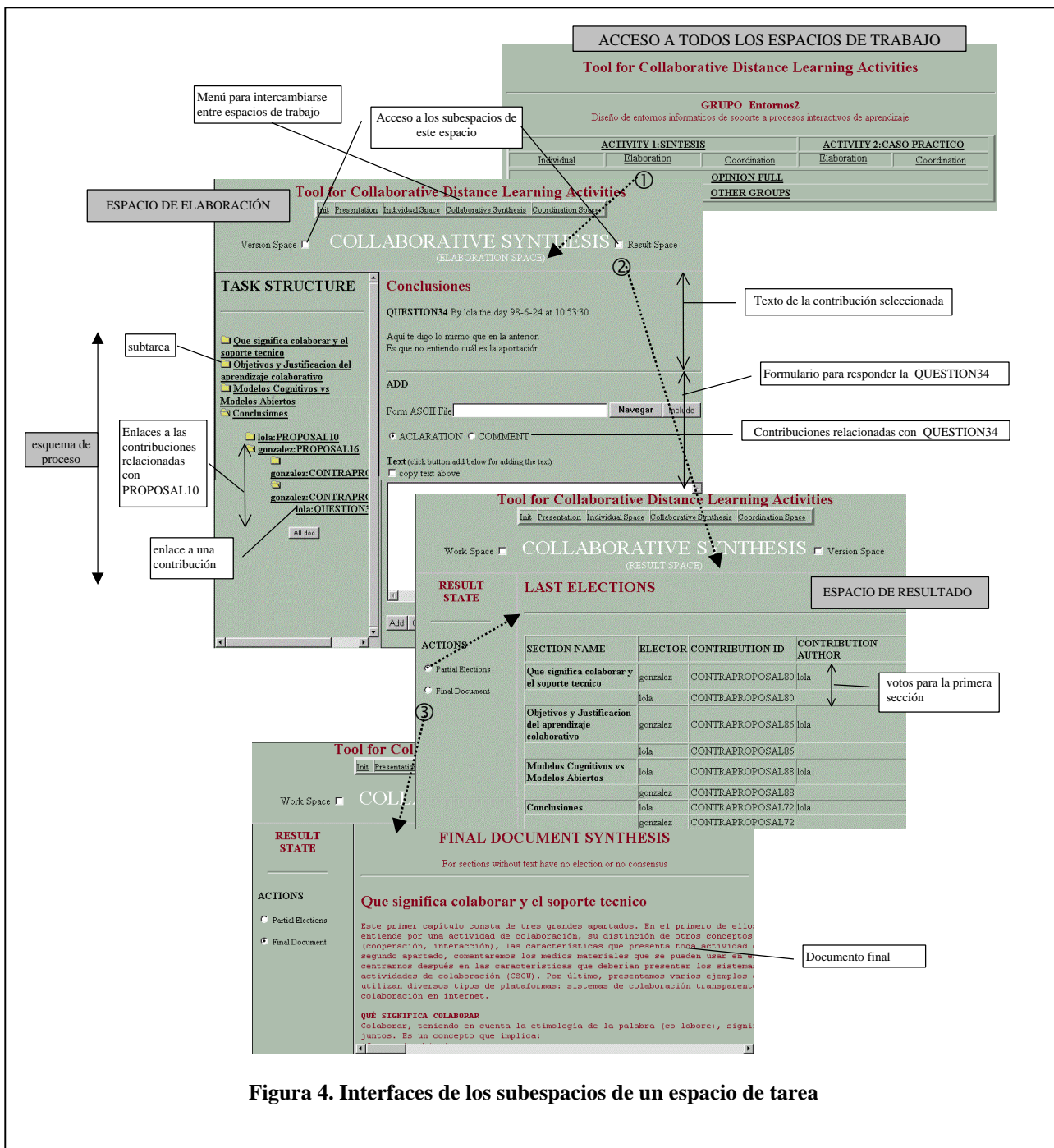


Figura 4. Interfaces de los subespacios de un espacio de tarea

colaboración basada en conversación (Bobrow, 1991). Pueden definirse diferentes variedades de diálogo argumentativo. Los tipos de unidades conversacionales y su relación, conforman posibles estructuras conversacionales. El grafo conversacional para cada espacio de tarea se ha definido en la configuración, al igual que la selección del método de acuerdo. El espacio de tarea, a su vez, se divide en varias partes o vistas, cada una de las cuales da lugar a un subespacio. Se tienen tres subespacios:

- *Subespacio de elaboración:* ofrece la *vista del proceso*, es decir, cómo se produce la resolución de la tarea en el proceso de discusión y argumentación estructurados. Este subespacio es un entorno dinámico que recoge las contribuciones de los usuarios y automáticamente las almacena, estructura y organiza para que se tenga fácil acceso a ellas y para que el resto del grupo pueda intervenir considerando el trabajo realizado por los demás.

El trabajo del grupo consiste en producir e intercambiar ideas y depurarlas en sucesivas intervenciones hasta llegar a un acuerdo final en un proceso que llamamos *discusión argumentativa*. Un usuario añade, modifica y comenta las intervenciones de sus compañeros con nuevas contribuciones que luego pasarán a formar parte, por acuerdo, del documento final. Una tarea se puede organizar en subtareas, que se asocian a secciones del informe final.

Para cada subtarea /sección se inicia un proceso de discusión argumentativa entre los miembros del grupo, que consiste en que un usuario añade una contribución siguiendo un grafo conversacional que es visible para los otros miembros del grupo (Barros, Rodríguez-Artacho & Verdejo, 1997). Otro usuario, complementa o responde a ésta con otra contribución que también será visible al grupo, y así sucesivamente se van depurando en sucesivas intervenciones en las que se pueden ir intercalando preguntas, comentarios, etc. De esta forma, una contribución está ligada a aquélla a la que da respuesta y a su vez, tiene ligadas otras que le dan respuesta a ella o la complementan.

Todas las contribuciones que añaden los usuarios son recogidas por el sistema y estructuradas formando un árbol, donde cada contribución está relacionada con aquélla a la que dio respuesta (ésta será su contribución padre) y a aquéllas que le responden (son sus contribuciones hijas) y así sucesivamente, dando lugar a un árbol de contribuciones relacionadas

que llamamos *esquema de proceso*. Este esquema de proceso es generado automáticamente por el sistema, y se visualiza en la interfaz, con un mecanismo de *browsing*. Presenta dos ventajas para los usuarios: en primer lugar, muestra de forma esquemática el estado del proceso de discusión argumentativa y, en segundo lugar, sirve de ayuda y guía en la discusión. Puede haber varias ramas abiertas al mismo tiempo sin que sea obligatorio trabajar secuencialmente.

- *Subespacio de resultado:* ofrece la *vista del resultado*, es decir, del estado del documento resultante por acuerdo a partir del subespacio de elaboración. Muestra, por lo tanto, el contenido definitivo del informe de la tarea realizada. Está dividido en secciones, que son las mismas que las del subespacio de elaboración. Para cada sección registra los acuerdos de los usuarios con el nombre de la contribución, su autor y el nombre del usuario que manifestó su acuerdo. Para generar el resultado utiliza un método de acuerdo de la teoría de grupos: mayoría, unanimidad, o solución de compromiso.
- *Subespacio de versiones:* ofrece la *vista de estados anteriores* de los subespacios de elaboración y de resultado y permite, si los usuarios lo desean, volver a ellos para continuar el trabajo desde una situación anterior.

Las interfaces de un espacio de tarea se muestran en la figura 4. La ventana superior muestra la interfaz que da acceso a todos los espacios de trabajo de una experiencia. Para acceder al espacio de elaboración de la actividad 1, el usuario tiene que pulsar en el nombre del espacio (etiquetado con ① en la figura) apareciendo la interfaz correspondiente. Esta interfaz está organizada en tres áreas. En la parte superior hay un menú que permite acceder a los diferentes espacios de trabajo de una actividad. En la parte derecha se muestra el esquema de proceso y a la derecha - después de elegir el nombre de una contribución - se puede ver el contenido de una contribución y, debajo, un formulario para completarla o contestarla. Para cambiarse al subespacio de resultado se pulsa la opción etiquetada con ② en la figura, apareciendo la interfaz de este subespacio que permite ver, para cada sección de la tarea, qué contribuciones fueron elegidas por los usuarios y, pulsando la opción etiquetada con ③ permite ver el documento final resultante del trabajo del grupo.

3.1.2.- Espacio de Coordinación

El espacio de coordinación ofrece al grupo un lugar de intercambio de información separado de las tareas

que se están realizando, es decir se distingue entre zona de comunicación y zona de producción. Este espacio tiene dos funciones, (1) ofrecer un lugar para la comunicación y planificación y (2) notificar de forma personalizada a los usuarios de la actividad que ocurre en el sistema. Esta función de notificación puede verse como un sencillo *agente notificador* que, dependiendo del contexto, ayuda a cada usuario a conocer la información nueva para él que hay en el sistema. El Espacio de Coordinación tiene tres subespacios, cada uno de ellos ofrece una vista diferente de la actividad a la que está asociado: un *tablón de mensajes* que ofrece la visión de la *comunicación* a través del sistema, una *agenda* (de grupo) que ofrece la visión *cronológica* de lo que ocurre en todo el sistema y permite al grupo planificar el trabajo y un *tablón de anuncios* que ofrece la visión *de los últimos* cambios, personalizada para cada usuario.

3.2.- Subsistema Configurador de Experiencias del Nivel de Configuración

Ofrece una herramienta genérica que permite configurar entornos para la realización de experiencias de aprendizaje colaborativo. Desde esta perspectiva, un entorno se configura como un conjunto de actividades para cada una de las cuales se define un espacio de tarea y un espacio de coordinación. Cada espacio de tarea se compone a partir de la definición de la estructura de la tarea que tiene que realizar el grupo, los perfiles de los miembros del grupo y la *colaboración* que se compone de un grafo de conversación y un método de acuerdo utilizado para generar la solución de cada tarea (Barros & Verdejo, 1998). Enlazando varios espacios de tarea se define una actividad y finalmente varias actividades (con posibles restricciones temporales) componen una experiencia. Para cada experiencia, particularizándola para un grupo de usuarios concretos, se instala un entorno para la realización de las tareas en ella definidas. Este entorno sería una aplicación del Nivel de Experiencia.

3.3.- Subsistema Analizador del Nivel de Análisis

En la realización de tareas cooperativas es interesante tanto el resultado como el proceso que permite llegar hasta él. Todos los datos que se puedan recoger de una actividad realizada en grupo son útiles. Algunos pueden ser analizados automáticamente desde diferentes puntos de vista y, con ayuda del conocimiento necesario, pueden generarse conclusiones sobre las actitudes del grupo frente a la colaboración. El análisis que proponemos, que es una primera aproximación para caracterizar los procesos de colaboración, define un conjunto de

atributos, con una escala cualitativa de valores. El sistema opera a partir de los datos generados por el grupo cuando realiza una experiencia y de los parámetros de configuración para concluir acerca de esos atributos. Los procesos que se desarrollan en el modelo propuesto aprovechan la estructuración de los datos sin realizar análisis del contenido para el que sería necesario otro tipo de conocimientos y técnicas.

Se ofrecen herramientas para realizar un Análisis Cuantitativo y un Análisis Cualitativo de cada experiencia (Barros & Verdejo, 1999). Para el primero, se muestra la información en forma de tabla o gráficamente. En el Análisis Cualitativo se utilizan mecanismos de inferencia para obtener conclusiones de la forma de trabajar y colaborar del grupo a partir de hechos observados. Este análisis se realiza en tres dimensiones: (i) global, comparando las tareas de la experiencia con tareas similares; (ii) individual, comparando el trabajo de cada individuo con los otros miembros de la misma experiencia; y (iii) forma de trabajo, realizando un análisis de cómo se ha desarrollado el trabajo para cada tarea de cada actividad, caracterizando el grupo, cómo se ha repartido el trabajo y cómo éste se ha desarrollado a lo largo del tiempo.

El proceso de análisis consiste en calcular datos a partir de las contribuciones y de la definición de la experiencia (que llamamos *variables calculadas*) y luego relacionarlos para generar conclusiones (que llamamos *variables inferidas*) mediante un algoritmo de inferencia difuso propuesto por Looney (1988). En la versión actual, todas las variables, así como las reglas, se han establecido y ajustado empíricamente a lo largo de los periodos de evaluación formativa que ha tenido el sistema. Son por tanto una propuesta subjetiva, contrastada con los expertos que han participado en dichas evaluaciones y sujeta a posibles reconsideraciones. En la figura 5, se muestra una forma de relacionar las variables calculadas (a partir del trabajo de los alumnos) para obtener los valores de las variables inferidas: *grado de trabajo, argumentación, coordinación, cooperación y colaboración* realizado por el grupo. A partir de la relación entre variables mostrada en la figura 5 se obtienen las reglas combinando los diferentes valores posibles del dominio de cada variable para dar lugar al valor resultante de la variable inferida (en el árbol, una variable inferida se muestra sombreada y se deduce a partir de aquéllas desde las que parte una flecha que llega a la misma). Para más información sobre el método utilizado para realizar este análisis consultar (Barros 1999).

Los resultados se muestran a los usuarios autorizados mediante una tabla donde aparecen los

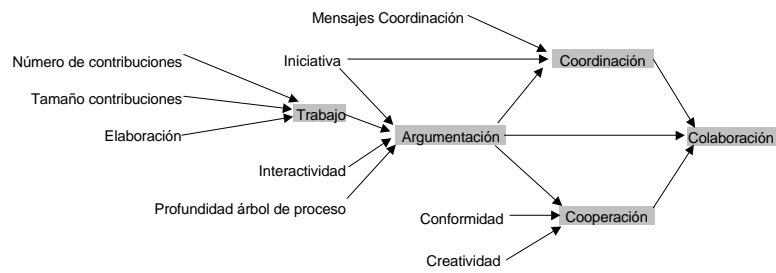


Figura 5. Una relación entre las variables calculadas y las variables inferidas (sombreados).

Global Analysis for experience ENTORNO2					
ATRIBUTOS	- VALUES +				INFERED FROM
Argumentation	absent	low	suitable	Rich	DephTree Interactivity Initiative Work
Colaboration	awfull	normal	good	veryGood	Argumentation Cooperation Coordination
Conformity	low	intermediate	high		
Cooperation	null	low	intermediate	good	Argumentation Conformity Creativity
CoordinaCom	little	enough	much		
Coordination	low	suitable	good	high	Argumentation CoordinaCom Initiative
Creativity	low	intermediate	high		
DephTree	high	average	low		
Elaboration	low	suitable	high		
Initiative	low	intermediate	high		
Interactivity	low	middle	much		
NumberContributions	little	appropriate	much		
SizeContributions	short	average	long	VeryLong	
Work	little	suitable	high		NumberContributions SizeContributions Elaboration

Figura 6. Resultados del análisis global de una experiencia.

valores de las variables calculadas y los de las variables inferidas en el dominio utilizado. En la figura 6 aparece un ejemplo de salida de resultados de un análisis global para una experiencia concreta. De izquierda a derecha aparecen primero, los nombres de las variables, luego la lista de atributos, debajo de los cuales se marca el valor de cada variable en su dominio; por último, separada por una línea vertical, se indica la lista de variables a partir de las cuales se calculó cada variable inferida.

4.- EXPERIENCIAS CON DEGREE

El proceso de diseño de la arquitectura se ha combinado con el desarrollo del sistema en un ciclo de refinamiento en cinco fases con sucesivas etapas de prototipado (Gould & Lewis, 1985) y evaluación formativa (Twidale, 1993). En cada fase de este proceso se ha utilizado el prototipo para realizar experiencias con usuarios reales (tanto alumnos como profesores) y se han considerado las opiniones de los usuarios para mejorar tanto las funcionalidades, como las interfaces del sistema (Verdejo & Barros, 1999). Este método de diseño, además de permitir la depuración de los diferentes prototipos del sistema, ha brindado la posibilidad de realizar experiencias de aprendizaje colaborativo con usuarios en condiciones reales de educación a distancia. De manera que también nos ha permitido valorar las dificultades prácticas de orden social, de cultura educativa, y de apoyo institucional además de las propiamente tecnológicas, que hay que afrontar para implantar innovaciones educativas con éxito.

En cuanto a la participación de los alumnos en las experiencias, podemos decir que globalmente ha sido satisfactoria abriendo las puertas a una nueva forma de trabajar que hasta ahora no era posible en nuestra actividad de enseñanza a distancia.

5.- CONCLUSIONES

Se presentan los resultados de una investigación que ha profundizado en el estudio y desarrollo de elementos de soporte al aprendizaje colaborativo a distancia. El enfoque seguido integra tres perspectivas diferentes: *la social y pedagógica* (relacionada con el aprendizaje colaborativo), *la tecnológica* (involucrando técnicas y métodos de la Inteligencia Artificial, las Interfaces de Usuario, Sistemas Cooperativos y, en general, el desarrollo de sistemas) y *la experimental* (desarrollando una forma de trabajo en la que las pruebas del sistema se realizan con experiencias que involucraban a usuarios reales, desde el principio).

Como consecuencia, se ha diseñado una arquitectura en cuatro niveles que cubre todas las

fases del ciclo de diseño y explotación de herramientas de soporte al aprendizaje colaborativo: diseñar y configurar, realizar experiencias, evaluarlas y reutilizarlas. A partir de esta arquitectura se ha desarrollado DEGREE, sistema genérico y adaptable que da respuesta a las necesidades derivadas de la comunicación, la compartición, el análisis y reutilización de información y a la realización de una amplia variedad de tareas. Además, dicha genericidad permite que el sistema se adapte a la forma de trabajar de los usuarios. La herramienta ha sido sometida a pruebas en entornos reales de experimentación, utilizando métodos asociados a la evaluación formativa, que han mostrado su utilidad práctica y la validez de las propuestas que sustentan este trabajo.

REFERENCIAS

- Barros, B. & Verdejo, M.F. (1998) "Designing workspaces to support collaborative learning" en *IEA-98-AIE*, Springer-Verlag, pp. 668-677, <http://sensei.ieec.uned.es/~steed/papers/iea471.ps.gz>
- Barros, B. (1999) *Aprendizaje Colaborativo en Enseñanza a Distancia: Entorno Genérico para Configurar, Realizar y Analizar Actividades en Grupo*, Tesis Doctoral, Dep. Inteligencia Artificial, UPM.
- Barros, B., Rogriguez-Artacho, M., Verdejo, M.F. (1997) "Towards a model of Collaborative Support for Distance Learners to Perform Joint Tasks", en *The Virtual Campus: Trends for Higher Education and Training*, Verdejo, M.F. & Davies, G. (Editors) Chapman & Hall, pp. 155-168. <http://sensei.ieec.uned.es/~steed/papers/ifip97.pdf>
- Barros, B. & Verdejo, M.F. (1999) "An approach to analyse collaboration when shared structured workspaces are used for carrying out group learning processes" en *AIED'99*, Lemans (Francia) pp. 449-456. <http://sensei.ieec.uned.es/~steed/papers/aied99.pdf>
- Bobrow, D. (1991) "Dimensions of Interaction", *AI Magazine*, Vol.12, No.3, pp. 64-80.
- Gould, J.& Lewis, C (1985) "Designing for Usability: Key Principles and What Designer Think", *CACM*, 28(3) pp. 300-311.

- Jonassen, D., Mayes, T. & McAleese, R. (1992) "A Manifesto for a Constructivist Approach to Uses of Technology in Higher Education", en *Designing Environments for Constructive Learning*, Duffy, Lowyck & Jonassen (editors), Springer-Verlag , pp. 231-247.
- Koschmann, T. (1996) (Editor) *CSCL: Theory and Practice of an emerging paradigm*. Lawrence Erlbaum.
- Looney, C.G. (1988) "Fuzzy Petri Nets for Rule-Based Decision making", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. SMC-18, No. 1, January, pp. 178-183.
- Nardi, B.A. (Editor) (1996) *Context and Consciousness. Activity Theory and Human-Computer Interaction*, MIT Press.
- Twidale, M.B. (1993). "Redressing the balance: the advantages of informal evaluation techniques for intelligent learning environments", *Journal of Artificial Intelligence in Education*, 4, No. 2/3, 155-178.
- Verdejo, M.F. & Barros, B. (1998) "Creating an organizational learning memory for collaborative experiences in distance education" en *Teleteaching '98*, pp.1035-1046. <http://sensei.ieec.uned.es/~steed/papers/verdejo-tt98.pdf>
- Verdejo, M.F. & Barros, B. (1999) "Combining User-Centered design and Activity concepts for developing computer-mediated collaborative learning environments: a Case Example" en *ED-MEDIA '99*, pp. 219-224 <http://sensei.ieec.uned.es/~bbarros/edmedia99.html>