

# PLANEACIÓN Y EVALUACIÓN DEL TRABAJO COLABORATIVO

Javier Sierra (1) y Jorge Barojas (2)

(1) Sistemas de Diseño Lógico, S.A. de C.V. México, D.F. México. <javier.sierra@alexandria21.net>

(2) Departamento de Física de la Facultad de Ciencias y Coordinación de la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México, D.F., México. <jbw40104@servidor.unam.mx>

## RESUMEN

En este trabajo comparamos el trabajo individual de alumnas que resuelven problemas y participan en foros de discusión acerca de la energía, antes y después de participar en actividades que promueven el trabajo colaborativo. Las intervenciones de las alumnas son analizadas e interpretadas a partir del registro de sus interacciones organizadas desde la página Web de un curso de física a nivel del bachillerato. Describimos además las principales etapas de la estrategia operativa, así como la forma de analizar y reportar las interacciones entre las alumnas, con lo cual se muestran distintos aspectos del proceso de construcción del trabajo colaborativo entre ellas. También señalamos la importancia de este tipo de trabajos en proyectos educativos de formación de profesores.

## I. INTRODUCCIÓN

Los programas de educación media superior y superior tienen objetivos de aprendizaje orientados hacia el desarrollo de contenidos declarativos (saber decir), contenidos procedimentales (saber hacer) y contenidos actitudinales (saber ser). Los contenidos declarativos están caracterizados por poseer conceptos cada vez más especializados, los contenidos procedimentales son cada vez más complejos y los contenidos actitudinales tienen componentes cognoscitivas, afectivas y conductuales; y comprenden los valores y la creatividad.

Evidentemente, todo plan que se lleva a la práctica encuentra obstáculos y sufre modificaciones, dependiendo de los contextos operativos y los recursos humanos y materiales disponibles. Por otra parte, lograr un desempeño escolar satisfactorio está condicionado por el grado de compromiso de los alumnos con su propia educación y la calidad del sistema educativo, es decir, su eficiencia y pertinencia. La integración de estos factores determina las posibilidades que tengan los alumnos de utilizar provechosamente con fines de aprendizaje, distintos medios, productos y servicios.

Para alcanzar calidad, los sistemas educativos deben considerar cuando menos tres exigencias derivadas de: (1) las posibilidades, necesidades, capacidades y estilos de aprendizaje de los estudiantes; (2) la estructura y las condiciones de enseñanza de los contenidos temáticos que habrán de aprenderse y (3) las demandas del contexto socioeconómico y cultural en el cual se da el proceso educativo.

Al diversificarse y extenderse las oportunidades de aprendizaje que han hecho posibles las aplicaciones educativas de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), se rompen las barreras del espacio y del tiempo; además, las formas de comunicación adquieren dimensiones cognoscitivas de mayores alcances y se potencializan estilos de aprendizaje más efectivos. Respecto del uso de las TIC pueden hacerse dos tipos de consideraciones: unas de tipo tecnológico referidas a los medios y otras de naturaleza cognoscitiva que ayudan a definir las metas. A continuación tratamos muy brevemente cada una de ellas, teniendo como premisa fundamental que la pedagogía debe primar sobre la tecnología y no al revés, y que deben satisfacerse dos condiciones: contar con el personal calificado para la planeación, conducción y evaluación, y tener condiciones apropiadas de operación y corrección del proyecto.

## II. TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN EN EDUCACIÓN

### *Evolución de las tecnologías computacionales en educación*

El acceso universal a las TIC permite replantear el papel de las instituciones educativas (Harasim, et al., 1995). Para tener una perspectiva del impacto de las TIC conviene revisar su evolución. Los paradigmas más representativos de los usos educativos de la computación suelen designarse por medio de acrónimos en inglés; por ejemplo, CAI, CBI y CBL significan, respectivamente, Computer Assisted Instruction, Computer Based Instruction y Computer Based Learning. En fechas más recientes se han introducido acrónimos tales como CALI y CSCL, que corresponden, respectivamente, a Computer Assisted Learning and Instruction y Computer Supported Collaborative Learning, introducido por Koschmann (1996). La Tabla I presenta una síntesis de dicha evolución:

Tabla I. Evolución de paradigmas respecto del uso educativo de la computadora

DÉCADA	PARADIGMA	DESCRIPCIÓN
1960-1970	Instrucción programada (CAI)	El aprendizaje se logra pasivamente, asimilando la información que proporciona la computadora.
1970-1980	Aplicaciones de Inteligencia Artificial al desarrollo de Intelligent Tutoring Systems (ITS). Se realizan actividades que facilitan la adquisición de diversas representaciones del conocimiento.	La computadora plantea problemas y proporciona retroalimentación a las soluciones del usuario. La solución de un problema implica la definición del estado inicial, el estado final o meta y una serie de operaciones requeridas para pasar del uno al otro.
1980-1990	Logo-as-Latin, se refiere al lenguaje LOGO usado por niños para aprender geometría. Se continúa con la exploración de micromundos (escenarios artificiales gobernados por reglas propias).	El aprendizaje es por descubrimiento y conduce a escribir y manejar programas de computadora, como etapa relevante en la construcción del conocimiento. Aprender a programar en la computadora tiene un beneficio difuso como aprender Latín o Griego.
1990-2000	Enfoque constructivista que propicia interacciones en comunidades que comparten conocimiento (CSCL).	El conocimiento contextualizado se construye por medio de procesos de aprendizaje colaborativo que se enfocan a resolver problemas.

En los primeros paradigmas el trabajo era predominantemente individual: en CAI la computadora presentaba una serie de ejercicios prácticos que el aprendiz contestaba, teniendo la posibilidad de verificar sí su respuesta era correcta o no, mientras que en ITS la interacción computadora – usuario era más compleja, pero la computadora seguía teniendo el papel de tutor que proporcionaba respuestas a preguntas predeterminadas. Por su parte, en Logo-as-Latin se suponía que el aprendiz era capaz de realizar transferencias a otros dominios del conocimiento de las habilidades de solución de problemas adquiridas al resolver una serie de casos con la ayuda de la computadora. Sin embargo, es con CSCL que el enfoque se centra en la comunicación humana y en la comunicación mediatizada a través de la computadora, la cual ahora se transforma en un instrumento de construcción del conocimiento en lugar de ser un sustituto de algunas de las funciones de un tutor.

El poder llegar a la puesta en práctica de paradigmas tales como CSCL implica que se han pasado satisfactoriamente por dos etapas y se incursiona en una tercera, según lo planteado por Barojas et al. (2001): (1) en clases convencionales se emplea la tecnología tradicional de gis y pizarrón pero las interacciones entre maestro y alumnos son dinámicas y se recurre al uso de medios audiovisuales; (2) se introduce la tecnología computacional como una aliada que motiva y facilita las interacciones en clases que siguen siendo convencionales en cuanto a los papeles de maestros y alumnos, y (3) la tecnología telemática se utiliza para generar escenarios virtuales en donde los miembros de una comunidad de aprendizaje, los alumnos, aprenden por sí mismos bajo la guía de los maestros.

*Aspectos cognoscitivos en el uso de las TIC*

Usualmente el uso educativo de las TIC se concreta en correos electrónicos, foros de discusión y uso de sitios Web; cuando se cuenta con equipo más completo se pasa a la dimensión de las videoconferencias y las bibliotecas virtuales. Estas interacciones implican cambios de actitud en los usuarios y requiere de la adquisición de ciertas habilidades para explicarse, interpretar, negociar y convencer en contextos de comunidades de aprendizaje. En gran medida estas actividades se realizan a partir de y para producir textos escritos, complementados con apoyos audiovisuales, lo cual permite obtener registros y posteriormente clasificarlos y analizarlos. Además, el proceso de escribir está asociado al de pensar, como requisito previo indispensable para organizar y comunicar ideas y lograr que éstas adquieran significado en quien las lee. Según de Vries, Lund y Baker (2002), el estudio de las interacciones que se producen en tales circunstancias es fundamental para construir diálogos epistémicos.

El diseño de actividades de aprendizaje y evaluación mediadas por la computadora debe tomar en cuenta la necesidad de desarrollar y apoyar tanto las capacidades individuales como las colaborativas. Al pensar y luego escribir en la computadora, los usuarios actúan como diseñadores creativos que planean, ponen en marcha y luego evalúan, la estructura y los propósitos de sus intervenciones. Esto les obliga a trabajar con representaciones externas de objetos y eventos, mediante el uso de lenguajes que comprenden símbolos, gráficas, ecuaciones, tablas, códigos y hasta simulaciones. El manejo integrado de lenguajes tales como el cotidiano o natural, el técnico y el matemático, ayuda al usuario a establecer relaciones conceptuales y desarrollar procedimientos de indagación para resolver problemas (Barojas y Dehesa, 2001). Tales actividades cognoscitivas se refieren al mundo interno de los modelos y las teorías (Tiberghien, 2000). Esta interrelación entre el mundo externo de objetos y eventos y el mundo interno de modelos y teorías requiere evidentemente poner en marcha procesos de razonamiento físico y sirve para generar aprendizajes organizados y significativos (Niedderer y Schecker, 1992).

Por su parte, Koschmann, Kelson, Feltovich y Barrows (1996) han propuesto un fundamento teórico para el aprendizaje basado en problemas soportado en computadora, mismo que concretan en seis principios que se muestran en la Tabla II.

Tabla II. Principios de aprendizaje basado en problemas

PRINCIPIO DE:	DESCRIPCIÓN
Multiplicidad	El conocimiento es complejo, dinámico, sensible al contexto y relacionado interactivamente. La instrucción debe promover múltiples perspectivas, representaciones y estrategias.
Actividad	El aprendizaje es un proceso activo que requiere construcción mental por parte del aprendiz. La instrucción debe animar la iniciativa cognoscitiva y el esfuerzo por aprender.
Acomodación y Adaptación	El aprendizaje es un proceso de acomodación y adaptación. La instrucción debe estimular la evaluación continua y la incorporación o modificación de la comprensión del aprendiz.

Autenticidad	El aprendizaje es sensible a las perspectivas y contextos del aprendiz. La orientación, metas y experiencias en el proceso de aprendizaje, determinan la naturaleza y utilidad de lo que es aprendido. La instrucción debe propiciar compromisos con actividades que son requeridas y valoradas en el mundo real.
Articulación	El aprendizaje es aumentado por la articulación, abstracción y compromiso por parte del aprendiz. La instrucción debe proporcionar oportunidades a los aprendices para articular su conocimiento recién adquirido.
Continuidad	El aprendizaje de materiales valiosos es un proceso continuo; la instrucción debe inculcar un sentido de provisionalidad con respecto del conocimiento y servir para entender que la comprensión de materiales complejos nunca termina, sólo se enriquece. Debe establecerse un compromiso constante para anticipar el conocimiento.

Estos principios adquieren importancia en contextos en donde es posible aprovechar las TIC para abrir espacios de colaboración. En este trabajo consideramos actividades orientadas básicamente a la solución de problemas de física, como primera etapa de un proceso cognoscitivo que puede conducir a la construcción de modelos, el diseño de sistemas y la toma de decisiones. Esto presupone que los miembros de una comunidad de aprendizaje tienen dos capacidades: la del manejo “del lenguaje de la física” y la de comunicarse electrónicamente por medio de redes de computadoras.

### III. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA OPERATIVA

El diseño y operación de herramientas computacionales con propósitos educativos debe involucrar a los usuarios, mediante la observación, el cuestionamiento, el registro y la interpretación de los textos que producen cuando interaccionan. La metodología propuesta en este proyecto se basa en registrar y analizar lo que los usuarios expresan en relación con sus creencias, dudas, pensamientos, propuestas y acciones, cuando tienen la capacidad e iniciativa de manifestarlo en forma explícita por escrito y resuelven problemas de física tanto en forma individual como colaborativa. Hemos incluido entrevistas no dirigidas, cuestionarios, análisis de protocolos escritos referidos a solución de problemas y foros de discusión. De todo ello hay registros escritos y la mayoría están en archivos de computadora; sólo un porcentaje menor de tareas escritas se encuentran manuscritas en hojas de papel. Los datos fueron obtenidos a lo largo de tres años en los grupos de Física de 6° de bachillerato del Colegio Francés del Pedregal en la Ciudad de México.

En el análisis e interpretación de los documentos anteriormente descritos hemos tomado en consideración los siguientes factores de importancia en el desarrollo de proyectos relacionados con la interacción computadora – ser humano (Human - Computer Interactions): los procesos cognoscitivos de los usuarios, las constricciones de aprendizaje de los mismos, la estructura organizacional del sistema educativo en donde operan, los productos que se generan para hacer posible dicho proceso y la funcionalidad del proyecto en su totalidad. Para ello procedimos de acuerdo a las siguientes etapas:

#### ETAPA 1: Aprendizaje contextualizado de la física

Un contexto de aprendizaje corresponde a un desarrollo conceptual que se deriva del conocimiento del proceso de desarrollo cognoscitivo de los usuarios. Se refiere a la selección y tratamiento de cierto contenido temático con el triple propósito de lograr motivación, orientación y coherencia. El aprendizaje contextualizado se caracteriza por el manejo integrado de tres elementos: (1) la presentación de una situación problematizadora que ofrece retos relevantes, atractivos y abordables para el usuario; (2) el planteamiento de una serie de preguntas generadoras que sirven para enmarcar el contenido y los

propósitos de aprendizaje del contexto, y (3) la formulación de una secuencia de actividades de aprendizaje y de evaluación, tales como solución de problemas, que constituyen una especie de guía de estudio. Un ejemplo de desarrollo de un contexto para un curso introductorio de mecánica clásica para estudiantes de carreras de ciencias básicas e ingeniería se encuentra en Barojas y Pérez (2001).

En este trabajo, para el análisis de las formas de participación colaborativa nos hemos centrado en el tema de energía, mismo que es básico en física, atraviesa el programa de estudios, su comprensión es esencial en las aplicaciones tecnológicas y tiene implicaciones sociales de consecuencias para todos (Kirwan, 1987). Una selección de los contenidos temáticos se indica en la Tabla III.

Tabla III. Contenido temático de energía en el programa de estudios

Mecánica	Relaciones entre energía, trabajo y potencia
	Energía cinética y movimiento de una partícula
	Energía potencial en un campo gravitacional
	Energía almacenada en resortes
	Principio de conservación de la energía en el oscilador armónico y en colisiones elásticas
	Transformaciones de la energía en presencia de fricción
	Energías cinética y potencial en fluidos en la ecuación Bernoulli
	Transporte de energía en ondas
Calor	Transferencia de energía y concepto de calor.
	Equivalente mecánico del calor
	Energía interna en un gas
	Conservación de la energía y Primera Ley de la Termodinámica
	Energía y trabajo en máquinas térmicas
	Degradación de la energía y entropía
Electricidad y Magnetismo	Energía y trabajo en el concepto de potencial eléctrico
	Energía almacenada en capacitores
	Transformación de la energía en el trabajo eléctrico
	Energía almacenada en un campo magnético
	Conservación de la energía en circuitos LC
	Energía en ondas electromagnéticas
Física Moderna	Energía en el efecto fotoeléctrico
	Relaciones relativistas entre energía y masa
	Energía según la hipótesis de Planck del cuanto de luz
	Energía nuclear en la fisión y la fusión

#### ETAPA 2: Protocolo de solución de problemas

Hemos propuesto un protocolo heurístico de solución de problemas denominado TADIR, el cual sirve para cambiar los hábitos del aprendizaje memorístico (enchufe de ecuaciones sin razonamiento del porqué, cómo ni cuándo) y promueve el razonamiento crítico característico del modo de pensamiento físico que se requiere para abordar problemas en esta asignatura, entendiendo que un problema no se reduce a simples ejercicios de sustitución en fórmulas (Barojas y Pérez, 2001). Las etapas de este protocolo se ilustran en la Figura 1.

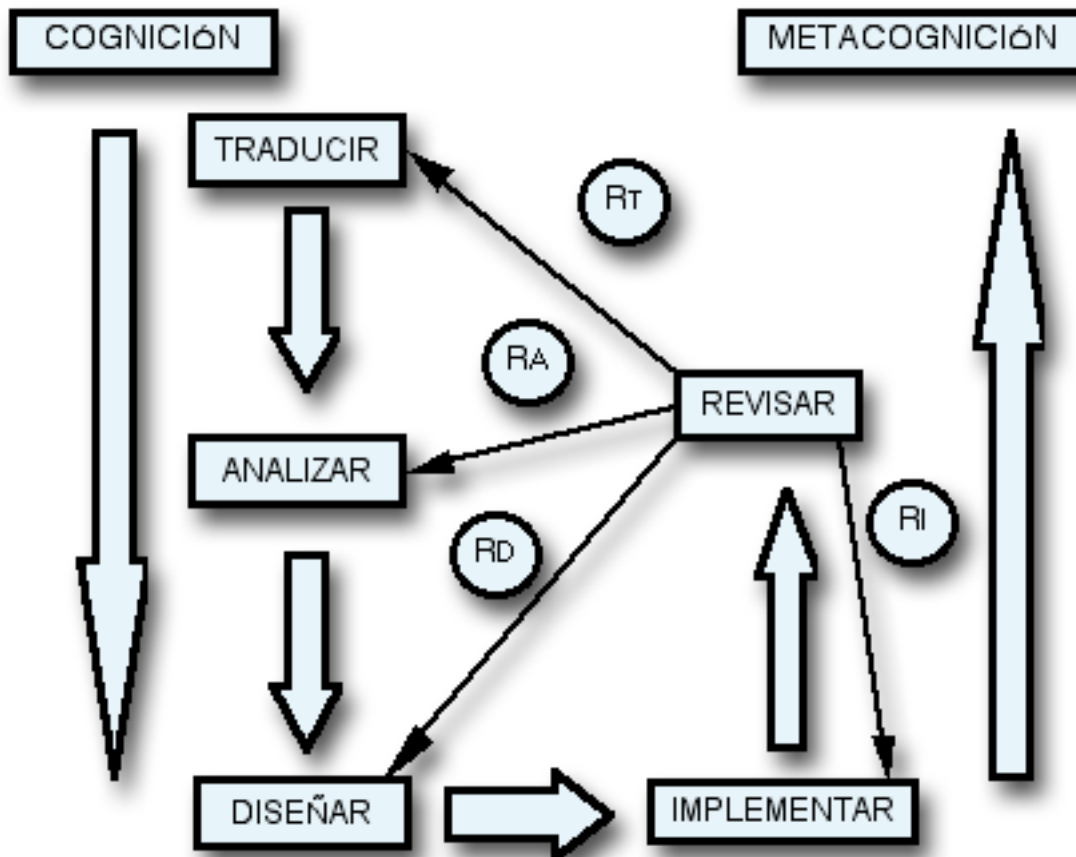


Figura 1  
Etapas de la metodología TADIR para resolver problemas.

El protocolo heurístico TADIR está constituido por las cinco acciones que se describen en la tabla IV:

Tabla IV. Las acciones del protocolo heurístico TADIR

<b>T</b>	<i>Traducir</i>	Se refiere a que una situación problemática que está descrita utilizando el lenguaje natural, requiere ser reformulada en el lenguaje de la física, mediante el uso de conceptos físicos y representaciones simbólicas.
<b>A</b>	<i>Analizar</i>	Se refiere a la descripción explícita de todas las consideraciones que se requieren para interpretar la situación física problemática.
<b>D</b>	<i>Diseñar</i>	Se refiere a proponer un esquema o un diagrama conceptual que muestre los procesos y razonamientos que se espera que lleven a la solución del problema.
<b>I</b>	<i>Implementar</i>	Se refiere a usar los criterios, definiciones, información, ecuaciones y procedimientos que se establecieron en el diseño, así como las mediciones y cálculos necesarios para obtener la solución del

		problema.
<b>R</b>	<i>Revisar</i>	Se refiere a considerar nuevamente las cuatro acciones anteriores para detectar posibles errores conceptuales, hipótesis innecesarias o falsas, razonamientos impropios y errores en los cálculos; así como reflexionar acerca del heurístico completo.

Estas acciones se dan en forma secuencial y hemos considerado que juntas constituyen el metaverbo TADIR. Las actividades de aprendizaje en las que se ha usado este protocolo son de dos tipos: (a) Resolución de problemas de física con un grado de dificultad superior a los ejercicios que normalmente se utilizan en estos cursos y que son resueltos en forma colaborativa en un tiempo aproximado de 2 a 3 semanas por problema; y (b) A partir de una serie de problemas sencillos, las alumnas aplican las acciones T, A y D en forma colaborativa y luego cada alumna aplica las acciones I y R a algunos de los problemas en forma individual.

### ETAPA 3: Desarrollo de habilidades de razonamiento metacognoscitivo

La última etapa en el protocolo TADIR, la revisión (R), está relacionada con procesos metacognoscitivos y corresponde a regresar y analizar los pasos anteriores del protocolo (procesos indicados en la Fig. 1 como  $R_T$ ,  $R_A$ ,  $R_D$  y  $R_I$ ). De acuerdo con Schoenfeld (1992) metacognición es “conocimiento y control de la cognición”. El desarrollo de habilidades de razonamiento metacognoscitivo requiere de la puesta en marcha de capacidades para que el aprendiz defina metas y criterios para modificar sus propias acciones (White y Frederiksen, 1998). En el estudio que reportamos en este trabajo consideramos tanto la interpretación de expresiones verbales y escritas del pensamiento (pensar en voz alta), como documentos escritos (protocolos de solución y registro de foros de discusión). Para ello, planeamos, supervisamos y evaluamos diferentes actividades cognoscitivas asociadas a la solución de problemas.

La evaluación del aprendizaje se lleva a cabo mediante escalas estimativas (rúbricas) que se encuentran descritas en Sierra y Barojas (2003) y que consideran tanto una dimensión cognoscitiva, como los aspectos metacognoscitivos y colaborativos.

### ETAPA 4: Diseño y evaluación de un sistema computacional educativo

Como elemento de orientación y soporte a las actividades de aprendizaje asociadas a la solución de problemas en forma individual, primero, y colaborativa, después, se diseñó y trabajó durante tres años (ciclos escolares 2001-2002, 2002-2003 y 2003-2004) una página Web que permite dar a conocer a las alumnas las políticas generales del curso, los contenidos temáticos de cada unidad de aprendizaje, el calendario de entregas de tareas, la descripción de cada una de las actividades, los parámetros de evaluación del aprendizaje en cada actividad, las lecturas complementarias, los protocolos de las prácticas de laboratorio, acceso a los foros de discusión, una sección de avisos y ligas a sitios de interés.

Otros elementos computacionales utilizados en los cursos son: un editor de texto para la elaboración de trabajos escritos por parte de las alumnas, correo electrónico para la entrega de tareas, un programa para hacer mapas conceptuales, un programa de presentaciones electrónicas y un programa para la construcción de foros de discusión. Estos elementos han sido evaluados mediante encuestas a las alumnas.

### ETAPA 5: Estudio del trabajo colaborativo

Para poder analizar el impacto del trabajo colaborativo en el rendimiento académico de las alumnas se desarrollaron actividades de aprendizaje de acuerdo con una secuencia de tres fases: la primera fase correspondió al trabajo individual, la segunda al colaborativo, tanto en la resolución de problemas como en el aprendizaje de conceptos, y la tercera nuevamente para el trabajo individual, permitiendo una comparación con la primera. A dicha investigación se asociaron los siguientes propósitos, en relación con lo que se esperaba observar y documentar en las alumnas: (1) posibilitar la comprensión de conceptos de la física, (2) desarrollar procedimientos de razonamiento para resolver problemas y participar en foros de discusión, (3) propiciar el aprendizaje colaborativo, y (4) promover la creatividad al presentar a las alumnas oportunidades para organizarse y desarrollarse.

### III. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Uno de los principales instrumentos para el análisis del aprendizaje colaborativo es la participación en foros de discusión. Entre los resultados de esta investigación cabe destacar el desarrollo de una metodología para estudiar la colaboración y su impacto en el aprendizaje. Para tal fin se realizaron diagramas como el que se muestra en la Figura 2. En este caso, las alumnas participantes están identificadas por las claves R1 a R5 para aquellas que pertenecían al equipo “rosa” y B1 a B3 para el equipo “blanco”. Ambos equipos discutieron juntos en el mismo foro. En la parte superior están registradas las fechas (del 2 al 18 de mayo). Los rectángulos blancos representan las aportaciones y los grises son las réplicas. Las interacciones están representadas por las flechas.

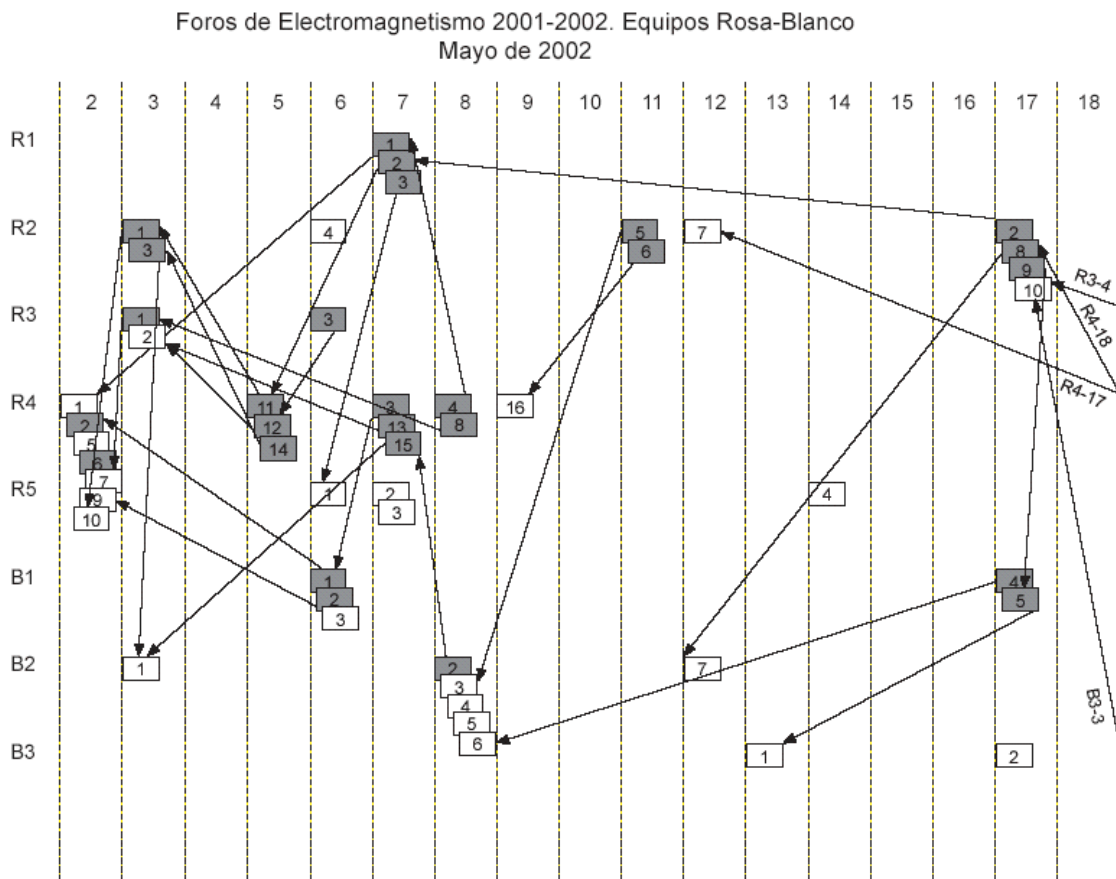


Figura 2  
Diagrama de interacciones en la participación en foros.



El contenido de las intervenciones no se hace explícito en este diagrama, y para poder evaluar el alcance de las metas de aprendizaje conforme a las tres dimensiones de las escalas estimativas, es necesario tener el texto de las aportaciones y réplicas, así como las categorías de análisis correspondientes. La figura 3 muestra el modelo que se siguió para este proceso.

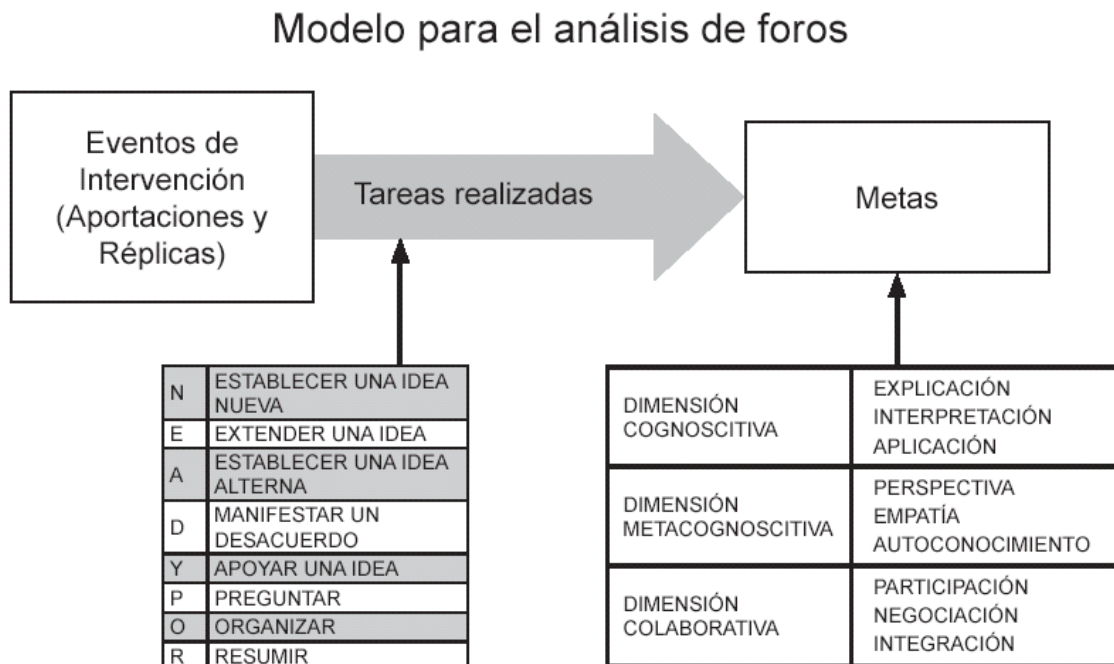


Figura 3  
Modelo que muestra las ocho categorías de análisis de las intervenciones y las nueve escalas estimativas pertenecientes a las tres dimensiones del aprendizaje colaborativo.

Dada la importancia que actualmente tiene el trabajo colaborativo, los procesos de planeación y evaluación aquí considerados pueden ser de interés en múltiples proyectos educativos, por ejemplo, los referidos a desarrollo curricular, formación de profesores, diseño y prueba de material didáctico, uso de las TIC... En particular, señalamos la conveniencia de tomarlos en cuenta en el Programa de Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS), de reciente creación en la UNAM, en los siguientes campos de conocimiento: biología, ciencias sociales, español, filosofía, física, historia, matemáticas y química.

**AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo forma parte del proyecto PAPIME No. EN-113503: “La utilización de nuevas tecnologías en el trabajo experimental de Física”, financiado por el Programa de Apoyo a Proyectos Institucionales para el Mejoramiento de la Enseñanza de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Barojas, J, and Pérez y Pérez, R. (2001). Physics and Creativity: Problem Solving and Learning Contexts. *Industry and Higher Education*. **15** (6), 431-439.

Barojas, J., Jiménez, E. y Sayavedra, R. (2001). Rethinking Distance Education. En M. Rahman Sayed y V. Tareski (Eds.) *Advances in Educational Technologies: Multimedia, WWW and Distance Education*. Nueva York: John Wiley. 127-134.

de Vries, E., Lund, K. & Baker, M. (2002). Computer-mediated epistemic dialogue: Explanation and argumentation as vehicles for understanding scientific notions. *Journal of the Learning Sciences*, 11, 63-103.

Harasim, L., Hiltz, S. R., Teles, L. y Turoff, M. (1995). *Learning Networks. A field guide to teaching and learning online*. Cambridge: MIT Press.

Kirwan, D. F. (1987). *Energy Resources in Science Education*. Canada: Pergamon Press.

Koschmann, T. (1996). Paradigm Shift and Instructional Technology: An Introduction. In: Koschmann T. (Ed.). *CSCL: Theory and Practice of an emerging Paradigm*. (pp. 1-23). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Koschmann, T., Kelson, A., Feltovich, P. y Barrows, H. (1996). Computer-Supported Problem-Based Learning: A Principles Approach to the use of Computers in Collaborative Learning. In: Koschmann T. (Ed.). *CSCL: Theory and Practice of an emerging Paradigm*. (pp. 83-124). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Niedderer, H., Schecker, H. (1992). Towards an Explicit Description of Cognitive Systems for Research in Learning Physics. In R. Duit, F. Goldberg, H. Niedderer (eds.), *Research in Physics Learning - Theoretical Issues and Empirical Studies* (pp. 74-98), Proceedings of an International Workshop in Bremen, Kiel: IPN. Disponible en: [http://www.physik.uni-bremen.de/physics.education/niedderer/personal.pages/niedderer/pubs\\_files/1992\\_HNHS.pdf](http://www.physik.uni-bremen.de/physics.education/niedderer/personal.pages/niedderer/pubs_files/1992_HNHS.pdf).

Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to Think Mathematically: Problem Solving, Metacognition, and Sense Making in Mathematics. D.A. Grouws (Ed.). In *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*. New York: Macmillan, pp. 334 – 370.

Sierra, J. y Barojas, J. (2003, Octubre 25-29). Aprendizaje colaborativo de la física. *XIX Simposio Internacional de Computación en la Educación*. SOMECE 2003. Aguascalientes, México.

Tiberghien, A. (2000). Designing teaching situations in the secondary school. En: Millar, R., Leach, J. y Osborne, J. (Eds). *Improving Science Education, the contribution of research*. (pp. 27-47). Philadelphia: Open University Press.

White, B. y Friederiksen, J. (1998). Inquiry, modeling and metacognition: making science accessible to all students, *Cognition and instruction*, 16 (1), 3 - 118.