

Hugo A. Kofman  
DNI 6.610.754  
Categoría 4

Integración de las funciones constructivas y comunicativas de las NTICs en la enseñanza de la Física Universitaria y la capacitación docente  
Facultad de Ingeniería Química - Universidad Nacional del Litoral

### Resumen

En este trabajo se describe y fundamenta la metodología de aplicación de las nuevas tecnologías en un curso de Física Universitaria, metodología que a su vez se ha tomado como contenido de un curso de perfeccionamiento docente a distancia.

Se intenta de este modo potenciar el rol comunicativo de las nuevas tecnologías digitales, con su función en la construcción del conocimiento. La función de comunicación está presente en la modalidad del curso de capacitación docente, y la de construcción en los contenidos del mismo.

En el desarrollo del trabajo se comienza con los contenidos y la metodología de la enseñanza de la Física con nuevas tecnologías en modalidad presencial, apoyada sobre bases pedagógicas y disciplinares, y luego se describe la metodología del curso a distancia para profesores.

La experiencia de enseñanza de Física con nuevas tecnologías se viene desarrollando desde 1998 en el Departamento de Física de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Litoral; y una primer versión del curso de capacitación docente fue dictada por profesores de esta unidad académica, a docentes de la Universidad Nacional de Cuyo. Los resultados obtenidos, constituyen una fuente importante de información para mejorar la propuesta, la que se integrará a su vez en el Proyecto ALFA II-0221-FI de la Unión Europea: "Utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación en la Enseñanza de las Ciencias".

### Introducción

Seymour Papert, matemático sudafricano que trabajó con Jean Piaget en Suiza, fue el creador del famoso lenguaje LOGO y actual Director del Laboratorio de Inteligencia Artificial del Massachusetts Institute of Technology, es sin duda el precursor y una de las autoridades más destacadas de la Informática Educativa. En una publicación relativamente reciente nos alertó sobre el excesivo énfasis que se viene haciendo en estos últimos años en la función de comunicación de las nuevas tecnologías digitales, la cual parece haber opacado su potencialidad en la construcción del conocimiento. El autor se refiere aquí no solo a la construcción de estructuras lógicas explícitas en forma de algoritmos, sino al desarrollo del conocimiento en general a través de actividades de descubrimiento con ayuda de distintas herramientas informáticas, afirmando que "el verdadero poder de ambos lados de la tecnología digital - el informativo y el constructivo - aparece cuando se reúnen los dos" (Papert, 1999). De esta manera no se niega, sino que se potencia el rol de Internet y las herramientas que provee, y se fundamenta la posibilidad de integrarlas con metodologías de aprendizaje constructivistas, con aplicación de otras herramientas cognitivas y con metodologías específicas para la disciplina que se enseñe.

Por otra parte, la pedagoga Mariana Maggio, quien cuenta con una amplia experiencia en Informática Educativa y en cursos a distancia para Profesores, plantea en relación a

la aplicación de las nuevas tecnologías, que “la transformación de las formas de enseñar no se produce por la renovación de los artefactos, sino por la reconstrucción de los encuadres pedagógicos de dicha renovación” (Maggio, 2000, pág 110). Concepto clave, que a la par de la experiencia realizada en este campo, y a distintos aportes de otros autores, permite la formulación de una serie de hipótesis de trabajo, que podrían sintetizarse de la siguiente manera:

- Las nuevas tecnologías pueden facilitarnos la puesta en práctica de los conceptos más avanzados de la pedagogía, superando el concepto que con las mismas se enseña lo mismo que antes, pero de una manera más eficiente.
- Para aprovechar la enorme potencialidad de las nuevas tecnologías es necesario realizar un profundo reencuadre pedagógico de las actividades de enseñanza, lo cual abarca objetivos generales, contenidos específicos y metodologías.
- Aunque se pueden enunciar algunas pautas comunes, el tipo de reencuadre pedagógico depende fuertemente de la disciplina que se enseñe.
- Sin considerar las limitaciones económicas y técnicas que pudieran existir, las dificultades mayores se encuentran en los propios docentes, ya que la mayoría tiende a reproducir los métodos de enseñanza con los que aprendió.

En términos generales, se podría considerar que para abordar el desarrollo de una nueva actividad de enseñanza y aprendizaje con nuevas tecnologías, se requiere integrar tres campos del saber: el específicamente disciplinar, el tecnológico, y el pedagógico. Cuestión que puede realizarse, y de hecho así se suele hacer, con equipos interdisciplinarios. Aunque no sería sencillo que estos conocimientos pueden integrarse si los propios docentes que integran esos equipos no poseen al menos ciertos conocimientos sobre las nuevas tecnologías, ya que corresponde a estos el rol de coordinadores del desarrollo de estas innovaciones pedagógicas. A su vez, quienes utilizan estas herramientas y metodologías en el aula requieren de una capacitación importante en estos aspectos. Saber por ejemplo que un software de simulación está basado en un modelo idealizado que nunca puede representar todos los aspectos de la “realidad”, que muchas veces se utilizan herramientas de cálculo numérico cuyos resultados son aproximados y no satisfacen exactamente las ecuaciones de origen, conocer las funciones y forma de operar de las herramientas específicas que utilice, etc. También es sustancial que los docentes dominen los fundamentos pedagógicos específicos de este campo, para poder adaptar la propuesta didáctica a su entorno particular de enseñanza, y realizar nuevos diseños poniendo en juego su propia creatividad.

De ahí la importancia de la capacitación docente para la enseñanza de las nuevas tecnologías, la que habrá de integrar aspectos técnicos con los pedagógicos y disciplinares.

Pero teniendo en cuenta las hipótesis antes planteadas, y en función de promover un cambio de metodología de enseñanza, la capacitación docente no puede dar resultado si la misma se mantiene en el plano meramente teórico. Por el contrario -y esto tiene que ver con la experiencia realizada en numerosos cursos y talleres de formación docente-, se considera imprescindible hacer que el propio docente pase por una situación de aprendizaje similar a la que pretendemos que pueda aplicar luego con sus alumnos. En caso contrario, el docente, aun sin desearlo, reproducirá la metodología con que enseña en forma corriente, y que seguramente es aquella con la que aprendió.

Aunque parezca paradójico, esto último es especialmente palpable en la universidad, en particular en las ciencias naturales en las que se desarrolla la propuesta aquí descrita.

Esto podría tener una explicación: “El conflicto entre las ciencias y las humanidades es uno de los conflictos culturales que más marcan nuestro tiempo y las universidades no han querido hasta ahora, enfrentarlo hasta sus últimas consecuencias” (De Sousa Santos, pag 276). Es así que algunos científicos y tecnólogos, que no consideran relevantes los aportes de la pedagogía para la enseñanza superior, suelen acoger favorablemente a las nuevas tecnologías, en la enseñanza, pero sólo porque las mismas son capaces de hacer más eficientes las actividades de enseñanza tradicional a la que están habituados.

Por esta razón, las transformaciones profundas que pueden ser realizadas en la enseñanza con ayuda de las nuevas tecnologías quizás insuman un tiempo considerable, y vengan de la mano de una nueva generación. La capacitación docente, particularmente a nivel de quienes son hoy auxiliares de docencia o Jefes de Trabajos Prácticos, habrá de jugar en esto un rol esencial.

### Marco teórico

A partir del concepto formulado de que las nuevas tecnologías no deben oponerse, sino que pueden potenciar a los más avanzados conceptos pedagógicos, se enunciarán aquí una síntesis de aquellos, tal como se interpretan y que se consideran de mayor significación para este tema:

La enseñanza debe orientarse a promover la Comprensión Genuina, que se caracteriza por su mayor nivel de abstracción y la amplitud de su aplicabilidad. “La cuestión es cómo se puede sacar lo más posible de lo menos posible. Y el éxito consiste en aprender a pensar con lo que ya has adquirido.” (Bruner, 1997)

El aprendizaje que se incorpora en forma significativa requiere que los contenidos y los materiales tengan significados lógico y psicológico para el alumno.

La enseñanza debe atender tanto al aprendizaje de los contenidos específicos, al desarrollo de capacidades tales como el espíritu crítico y la creatividad, así como al fortalecimiento de valores, tales como la importancia de progresar en base al esfuerzo propio integrado en una actividad colectiva, y el fortalecimiento del concepto del rol social del conocimiento.

El aprendizaje colaborativo de los alumnos con ayuda del docente es muy importante en la formación de valores y resulta fundamental para que los estudiantes expliciten sus pensamientos, y negocien los significados y procedimientos.

Si bien las explicaciones del docente juegan un rol importante en la enseñanza, hay que tener en cuenta que el aprendizaje es producto fundamental de las actividades de comprensión que el alumno realice, las que deben ser propuestas y apoyadas por el docente: “El aprendizaje es una consecuencia del pensamiento” (Perkins, 1997).

En la voluntad del alumno para realizar las tareas de aprendizaje juega un rol central la motivación, tanto intrínseca como extrínseca. Pero la comprensión genuina, opuesta al conocimiento “frágil (inerte o ritual)” (Perkins, 1997) es función fundamental de la motivación intrínseca, o sea de la voluntad a involucrarse en la actividad por si misma y no por influencia de factores externos. En relación a la creencia bastante difundida de que las NTICS son motivadoras, debemos tener en cuenta que el uso cotidiano de las mismas las torna “transparentes” para el usuario. La motivación como efecto del uso de nuevas tecnologías sólo ocurre en un principio, pero luego se produce un efecto de saturación o acostumbramiento (Litwin, 2000). La promoción de la motivación debe ser abordada desde una óptica pedagógica general. En la generación de la motivación intrínseca influyen tanto la significación psicológica de los contenidos, como el tipo de actividades que se propongan. Particularmente son favorables aquellas que implican

importantes niveles de desafío, curiosidad y de control de la propia actividad (Larkin y Chabay , 1996).

En la aplicación de las NTICS es importante tener presente el concepto de herramientas cognitivas. Éstas son símbolos y artefactos que juegan el rol de soporte o vehículo del pensamiento. De esta manera se produce una suerte de asociación entre la mente y esos elementos, potenciándose la capacidad del individuo para abordar tareas complejas. Hay que tener en cuenta que esto influye en la propia forma con que se piensa, de modo que herramientas cognitivas distintas condicionan estilos y niveles de pensamiento diferentes. La computadora y la web son herramientas cognitivas muy potentes, que utilizadas con buenos criterios pedagógicos pueden producir profundos cambios en las formas de pensamiento y favorecer un avance extraordinario en la educación.

En el aprendizaje de nuevos contenidos y en la resolución de problemas, juegan un rol fundamental los modelos mentales, es decir las imágenes o representaciones mentales de los sistemas. Estos modelos son personales, inestables, de contornos difusos y difíciles de conocer y de modificar. De ahí la importancia de diseñar actividades de aprendizaje que permitan que el alumno adquiera conciencia de los mismos (por ejemplo poniéndolos en contradicción con la realidad experimental) y que al mismo tiempo pueda modificarlos o desarrollarlos a través del análisis cualitativo de los fenómenos. Esto se conecta con el nivel de conocimiento metacognitivo.

En la enseñanza de la Física básica, la resolución de problemas y la realización de trabajos prácticos no constituyen meras aplicaciones de conocimientos teóricos ya adquiridos (tareas que normalmente se asignan a docentes de “menor jerarquía”), sino que deberían reconocerse como las actividades fundamentales de aprendizaje. La clave está en establecer en estas clases una fuerte relación entre teoría y práctica y en proponer una metodología que potencie el análisis crítico de los fenómenos y la toma de decisiones por los alumnos a través de una actividad colaborativa. En esto pueden ayudar mucho las nuevas tecnologías.

En la enseñanza de la Física, que es básicamente una ciencia experimental, resulta imprescindible la actividad en laboratorio con elementos reales, los cuales podrán ser combinados o complementados con herramientas informáticas, pero nunca sustituidos.

#### Criterios para el diseño didáctico con nuevas tecnologías

Atendiendo al marco teórico arriba reseñado, se proponen una serie de criterios que se consideran fundamentales para realizar un nuevo diseño didáctico. Estas pautas podrían considerarse “ideales”, ya que en la práctica muchas veces no pueden plasmarse en su totalidad, por distintos condicionamientos del contexto: contenidos excesivos de las asignaturas, tiempos muy limitados, formas de evaluación prácticamente imposibles de modificar, limitaciones económicas, grupos de alumnos muy numerosos, etc. De modo que la propuesta se orienta a aproximarse en todo lo que sea posible a estos criterios, muchos de los cuales pueden considerarse de carácter general, y otros son específicos para la Física Básica:

- 1) Limitar los contenidos en extensión en aras de una mayor profundización en los mismos. El alumno debe tener tiempo suficiente como para reflexionar y plantear nuevas inquietudes sobre los temas en cuestión.
- 2) Plantear las actividades de aprendizaje como una serie de problemas e interrogantes, a los cuales los alumnos deben responder sobre la base de su actividad grupal, con ayuda de simulaciones y experimentos, y con una fuerte referencia teórica.

- 3) Además de los clásicos problemas cuantitativos, se deben plantear problemas cualitativos, en los que los alumnos analicen los fenómenos desde un punto de vista conceptual y estudien como influyen las distintas variables.
- 4) Algunos de los problemas planteados deberán ser lo suficientemente abiertos como para que admitan más de una respuesta correcta, en aras de promover la creatividad de los alumnos.
- 5) Se tratará también de incluir en cada guía de actividades, alguna tarea que implique cierto nivel de descubrimiento, con lo cual llegamos a trabajar en el nivel de investigación, que es el tipo de actividad de comprensión de mayor nivel (Perkins, 1997)
- 6) El uso de las simulaciones se debe integrar, en todo lo que sea posible, a la práctica experimental, de modo que el alumno comprenda mejor el rol de los modelos en la Física, conozca sus limitaciones y sepa aprovecharlos para avanzar en el conocimiento y resolución de problemas.
- 7) Los contenidos conceptuales deben, en lo posible, vincularse a aplicaciones prácticas o fenómenos conocidos, con el propósito de establecer nexos cognitivos y asignar significado psicológico al conocimiento.
- 8) Se debe promover la actividad de aprendizaje en grupos reducidos y la puesta en común de los resultados obtenidos para su corrección, pero también se deben asignar y especificar actividades de carácter individual para promover la independencia intelectual.
- 9) Los alumnos deberán asumir el control de las actividades de aprendizaje, y el docente trabajará como guía, ofreciendo ayuda cuando esta sea necesaria, planteando algunas pistas con nuevas preguntas que ayuden a los alumnos a orientarse para superar ciertos obstáculos.
- 10) Los contenidos de las evaluaciones que se realicen deberán estar acorde a las actividades de aprendizaje realizadas, de modo que el alumno no considere el trabajo con la computadora como un simple entretenimiento, sino como una actividad que tiene la misma importancia que otras tareas.
- 11) Hay que asumir que aun con actividades de comprensión similares, los aprendizajes serán distintos a nivel individual, y en la evaluación hay que enfatizar en la valoración de los conocimientos que los alumnos lograron incorporar
- 12) En el desarrollo de la clase, los docentes debemos ser pacientes y persistentes: debemos tener presente que estamos promoviendo el desarrollo de capacidades de razonamiento avanzadas, cuyos resultados quizás no se perciban de un modo inmediato.

#### La nueva metodología en acción

Los docentes, al poco tiempo de encarar este cambio metodológico, lo más probable es que se encuentren con que los alumnos no avanzan. No entienden las consignas, no saben que hacer ni a lo que se pretende llegar. Esto ocurre por el fuerte acostumbramiento de los alumnos a las tareas programadas en forma de procedimientos estandarizados. Frente a esta situación, el docente generalmente atina a introducir modificaciones en las consignas y puede terminar respondiendo a las demandas de los estudiantes: ¿Qué hacemos Profesor?.

Hemos pasado por esta experiencia, y hemos constatado a su vez que, si se persiste con la metodología propuesta, los alumnos empiezan a buscar los caminos y luego de un

cierto tiempo se terminan acostumbrando a la misma. Aprenden a leer y releer las consignas hasta que las entienden, y así logran diferenciar los distintos tipos de respuestas que se les pide: hallar un resultado numérico, dar una respuesta cualitativa, formular una justificación teórica, encontrar alguna ley, etc. Y se acostumbran a buscar los caminos para tratar de llegar a la solución. Aprenden a utilizar las simulaciones y los experimentos para ayudarse a encontrar las respuestas, y es así como finalmente terminan incorporando estas poderosas herramientas cognitivas a sus tareas normales de aprendizaje, así como alguna vez incorporaron la calculadora.

Describimos a continuación algunos de los ejemplos con los que trabajamos en nuestras clases, y que forman parte del curso a distancia. Los incluimos en este trabajo con el propósito de poder hacer referencias concretas a la modalidad de trabajo propuesta.

Un problema simple de corriente continua que da que pensar

Se cita a continuación uno de los enunciados de los problemas de corriente continua, que se propone a los alumnos luego de haber estudiado la teoría y haber resuelto algunos ejemplos con resistores en serie y en paralelo:

“1) En el siguiente circuito (considerando primero la llave S abierta, como en el dibujo), responda justificando sus respuestas. Luego compruebe con la simulación:

- a)- ¿Cuál(es) será(n) la(s) lámpara(s) que brilla(n) más?
- b) ¿Cuál(es) será(n) la(s) lámpara(s) que brilla(n) menos?
- c) ¿Cuales serán las lámparas que brillan igual?

2) ¿Cómo serían las respuestas a las preguntas del problema anterior si se cerrara la llave S? ”

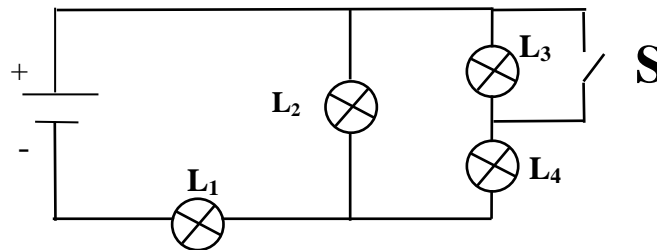


Figura 1: un circuito de corriente continua con lámparas

Como se puede observar, se pide al alumno un análisis cualitativo del sistema, cuya respuesta depende no tanto del conocimiento de las ecuaciones, sino de su comprensión de los conceptos. A pesar de la simpleza, el problema involucra las leyes de Kirchoff, de Ohm y de Joule, y las conexiones de resistencias en serie y en paralelo. El cierre de la llave S introduce la idea de cortocircuito al anular la lámpara L<sub>3</sub>.

En este caso la simulación es introducida a posteriori del análisis sobre el papel, y a modo de comprobación. Tal circunstancia introduce un factor motivador importante: el desafío que antes mencionamos. Los alumnos predicen el comportamiento del circuito, discutiendo en forma grupal, y luego constatan si la (o las) respuestas formuladas eran correctas.

Tales respuestas a veces coinciden y otras no con lo constatado en la simulación, situación ésta que da lugar a nuevas discusiones. Pero el problema no termina ahí, sino que los alumnos deben justificar su respuesta. Esta es una de las fases que generalmente representan mayores dificultades, ya que no se trata de poner en juego la intuición, sino de elevarse al nivel de la teoría. Hay alumnos que llegan inclusive al plano epistemológico, introduciendo como base argumental a las leyes de conservación de la carga eléctrica.

En cuanto a la simulación en sí, cabría preguntarse en primer lugar: ¿Por qué una simulación y no un experimento real?. Esta pregunta abre todo un debate. En primer lugar, si se contara con elementos como para que todos los grupos de alumnos realicen el experimento, sería aconsejable que se efectúe. Pero hay otra cuestión: aún así sería importante además realizar la simulación, no solo para que los alumnos aprenden a aprender con las mismas, sino porque así realizan “experimentos numéricos” que no siempre son posibles con los sistemas reales. Por ejemplo, para una práctica experimental no se pueden conseguir dos lámparas exactamente iguales.

Por otra parte, hay entornos de simulación que, por ejemplo, no muestran diferencias entre el brillo de las lámparas, u otros en los que simplemente no brillan. De modo que los alumnos deben buscar la forma de detectar cual brilla más o menos a través de alguna medición, por ejemplo de la intensidad de corriente. Esto implica poner en juego mecanismos de creatividad, que están lejos de asemejarse a la simple reproducción de un instructivo.

En síntesis, un problema relativamente simple sobre circuitos eléctricos puede ser usado para generar actividades de comprensión muy variadas y de distintos niveles, lo cual es facilitado por la simulación y fundamentalmente por el diseño didáctico con que se la aplica. Este es el sentido que se da a la propuesta de realizar un profundo reencuadre pedagógico de las actividades de enseñanza para aprovechar las potencialidades de las nuevas tecnologías.

#### Una conexión con el experimento real

Se menciona a continuación un enunciado de un problema en apariencia aun más simple que el anterior, pero que permite profundizar en la diferencia entre modelo y realidad, y vincular los contenidos a situaciones vivenciales:

“Se tiene un generador (supuesto ideal) conectado a una cierta resistencia; y luego se reemplaza esa resistencia por dos resistencias en serie, idénticas a la primera:

(a) En caso que no hubiera variación apreciable de resistencia por temperatura: ¿Sería esperable que la intensidad de corriente se reduzca a la mitad? (justificar y comprobar con simulación y experimento real)

(b) Teniendo en cuenta la variación de resistencia por temperatura: ¿Que se podría esperar en un circuito que en vez de resistencias comunes se construye con lámparas en serie? ¿Está contemplado esto por el modelo del software?.

(c) ¿Como se conectan las lámpara de alumbrado de un hogar: en serie o en paralelo?. Explique por qué”

Ante este problema, los alumnos no tienen mayores dificultades en responder afirmativamente la primera pregunta y en justificarla con el cálculo de resistencias en serie y con la Ley de Ohm.

La dificultad se presenta en la segunda pregunta, puesto que hay que analizar en forma cualitativa la influencia de varias variables que dependen unas de otras: dos lámparas en serie tendrán menos intensidad que una sola. En consecuencia tendrán menos

temperatura. Tratándose de metales, eso implica que su resistencia (individual) será inferior a la lámpara sola. De acuerdo entonces a la Ley de Ohm, sería esperable que la intensidad de corriente sea superior a la mitad. Tal es el razonamiento que deben desarrollar los alumnos, integrando distintos conocimientos para explicar el fenómeno en forma global.

Este hecho es perfectamente observable en un experimento real. En la simulación, eso depende de cual sea el modelo con el que está programado: algunos contemplan variación de resistencia por intensidad (temperatura) y otros no.

Se puede apreciar en este caso la importancia que tiene el aspecto técnico en la capacitación docente, ya que de no conocer cual es el modelo utilizado por el simulador y sus posibles limitaciones no estará en condiciones de guiar a sus alumnos en su aprendizaje. Por eso, la simple práctica de “bajar” simulaciones de Internet, y aplicarlas sin estudiarlas a fondo, puede llevar a resultados erróneos. Podemos mencionar al respecto una muy conocida en el nivel medio (Crocodile Clip) muestra un simple LED conectado a una pequeña batería, que disipa una potencia de casi 0,1 MW!

Finalmente, la última pregunta del problema ejemplifica la posibilidad de vincular los contenidos con situaciones conocidas, lo cual se enmarca dentro de la propuesta de establecer significado psicológico a los contenidos conceptuales.

La simulación puede ampliar el ámbito de ejemplificación

En el estudio de la óptica física en laboratorios relativamente bien equipados, se suelen realizar experimentos de difracción con láser, placas ranuradas y redes de difracción. La forma más elemental consiste en la observación cualitativa de los fenómenos, proyectando los patrones de difracción e interferencia sobre una pared. Contándose con un sistema electrónico lector de espectros, se puede llegar a obtener las curvas de intensidad de distintos sistemas. Pero aun en este caso, las posibilidades de experimentación son muy limitadas: la luz del láser tiene normalmente una sola longitud de onda, y los juegos de ranuras y redes representan a lo sumo unas pocas variantes.

En esta circunstancia, el uso de una simulación representa la posibilidad de ampliar considerablemente las posibilidades de trabajo interactivo de los alumnos, no ya con sistemas reales sino con representaciones modelizadas de los mismos. Usamos en esto un modelo de simulación desarrollado por nosotros, que permite representar desde una ranura hasta una red de difracción, con anchos y distancias variables, y utilizar luces de distintos colores, inclusive en forma simultánea. La propuesta en este caso consiste en complementar las actividades experimentales con simulaciones, lo cual permite ampliar considerablemente el ámbito de estudio de los fenómenos.

En la figura 2 observamos la distribución de intensidades de dos ranuras, cuyo patrón puede observarse en la figura 3. En la figura 4 se aprecia el patrón producido por una red cuando sobre la misma incide un haz de luz de varios colores



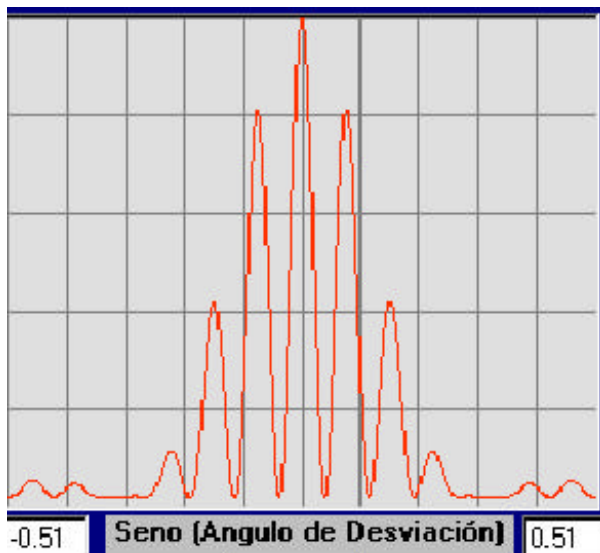


Figura 2



Figura 3

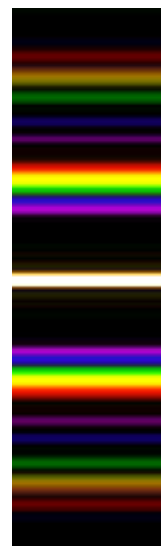


Figura 4

En las figuras 5, 6 y 7, se muestran las intensidades de dos componentes monocromáticas próximas, correspondientes a los espectros de primero, segundo y tercer orden, notándose que a partir del segundo orden comienza a resolverse:

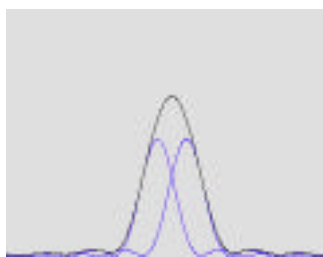


Figura 5

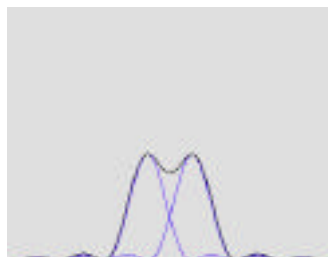


Figura 6



Figura 7

Tales son las posibilidades que nos brinda este software, las que permiten proponer un diseño didáctico muy amplio, que va desde el estudio cualitativo de los fenómenos, variando los distintos parámetros, hasta la resolución de problemas cuantitativos. Un ejemplo de problema planteado se refiere al poder de resolución de una red de difracción, generalmente uno de los temas en que los estudiantes demuestran mayores dificultades, y que está relacionado a las tres últimas gráficas mostradas:

“Para una red de  $N$  ranuras iluminadas, encuentre dos longitudes de onda cuyos máximos de interferencia aparezcan resueltos en el segundo orden, pero no en el primero, de acuerdo al criterio de Rayleigh. Justifique con las expresiones correspondientes y compruebe por simulación”.

Observamos aquí un problema abierto, en el cual el alumno debe hallar y/o definir los datos, de manera que se cumpla cierta condición. El mismo admite innumerables soluciones, las que pueden ser halladas por cálculo o por tanteo. Esta última opción, en apariencia “poco científica”, no debe desestimarse como actividad de comprensión, puesto que modificar el valor de ciertos parámetros, acercándose progresivamente a la situación deseada, podría ayudar al alumno a entender cómo inciden las distintas variables y en consecuencia a desarrollar sus modelos mentales.

## La opinión de los alumnos y la evaluación de la propuesta

La metodología de enseñanza promovida en función de ejemplos como los anteriores, se utiliza en un grupo de 16 alumnos, que forman parte de un curso de 90 en total. El resto utiliza también las nuevas tecnologías, pero de una manera menos sistemática y conducida por docentes no compenetrados en la presente propuesta pedagógica. El grupo experimental tiene incluso una planificación distinta, en la que se propone una mayor cantidad de actividades experimentales y de simulación. Se presenta el problema de que esa actividad se realiza en desmedro de ciertas clases de apoyo para la resolución de problemas, previas a la realización de exámenes parciales. A pesar de esto, ante el ofrecimiento de abandonar la propuesta y volver al sistema clásico, los alumnos optaron por unanimidad por continuar con la misma.

Tal opinión, sumado a las observaciones de clases que realizan otros integrantes del equipo de investigación, constituye un elemento de mucha importancia a la hora de acumular información significativa para evaluar la propuesta. Al respecto, se ha asumido que no es pertinente utilizar una metodología de evaluación basada en la el contraste de resultados o rendimiento entre grupos experimentales y grupos testigo, puesto que se considera que la incorporación de las nuevas tecnologías con todo el reencuadre pedagógico descrito, genera conocimientos diferentes y no conmensurables. De modo que resulta prácticamente imposible medir dos desarrollos cognitivos diferentes utilizando un mismo patrón y la misma metodología de evaluación. Varios teóricos de las nuevas tecnologías se han expresado en esos términos: “Los diseños experimentales corrientes”, como las comparaciones con un grupo de control o la modificación de una variable mientras se procura mantener constantes todas las demás, no captan el tipo de cambios complejos e interrelacionados que operan en este campo... Quizás nuevos diseños de investigación, o la combinación de métodos cuantitativos y cualitativos, permitan abordar estos problemas y proporcionarnos datos útiles para reflexionar sobre las complicadas decisiones que enfrentamos... pero esos datos de investigación no nos darán mayor sabiduría, ni la sensibilidad para ver que estamos en medio de un proceso de reformulación del significado y los fines de la educación, y no meramente intentando encontrar formas más rápidas o económicas, de hacer lo mismo que ya estábamos acostumbrados a hacer” (Burbules, 2001, pág. 38)

Tal es uno de los problemas aun no resueltos completamente por la investigación en Educación, razón por la cual aun debemos guiarnos por indicios, que afortunadamente son fuertemente favorables a la aplicación de estas metodologías.

## El salto a la capacitación a distancia

Las condiciones económicas en las que se desarrolla la actividad de nuestros docentes implica para los mismos una dificultad casi insalvable para trasladarse a centros académicos distantes para perfeccionarse. Al mismo tiempo la Web posibilita la realización de actividades de capacitación a distancia, utilizando para ello distintos recursos. Uno de ellos, el más accesible actualmente es el correo electrónico, aunque también están disponibles el chat, foros de discusión, etc. Muchas universidades poseen a su vez sus “campus virtuales”, que integran estos recursos y facilitan las comunicaciones e intercambios de materiales en forma de archivos.

Utilizando estos recursos se ha programado un curso de capacitación a distancia sobre el uso de simulaciones para profesores, cuyos contenidos son esencialmente los descritos más arriba.

Específicamente se han seleccionado los siguientes contenidos:

## 1) Marco teórico pedagógico

- Modelos y simulaciones
- Herramientas cognitivas
- Aprendizaje colaborativo
- Fundamentos constructivistas del uso de simulaciones en la enseñanza
- Diseño didáctico con simulaciones

## 2) Contenidos específicos

- Simulación de campos y potenciales
- Simulación de circuitos de corriente continua
- Simulación de circuitos RC
- Simulación de circuitos RL y RLC
- Simulación del campo magnético en un solenoide

La primera parte del curso está orientada a acceder a una serie de conceptos básicos indispensables. Por ejemplo, el estudio de Modelos y Simulaciones debe permitir al docente responder a preguntas como las siguientes:

- ¿Que relación existe entre Ley Física y Modelo Físico?
- ¿Cual es la relación entre modelo y simulación?
- ¿Cual es el aporte que pueden realizar las simulaciones en la investigación?
- ¿Cual es el aporte que pueden realizar las simulaciones en la enseñanza y el aprendizaje?
- ¿Cuales son las características y funciones generales de los modelos mentales?
- ¿Cual es la diferencia entre modelo mental y modelo conceptual?
- ¿Cual es la importancia de los modelos mentales en la comprensión de los fenómenos y en la resolución de problemas?
- ¿Como pueden incidir las simulaciones en los modelos mentales y en el aprendizaje conceptual?
- ¿Qué diferencia existe entre modelo físico y modelo matemático?
- ¿Qué diferencias existen entre modelos deterministas y modelos estocásticos?
- ¿Qué es un modelo computacional?

## Actividades a desarrollar por los cursantes

Se han propuesto las siguientes tareas de aprendizaje:

- Lectura individual o grupal, y discusión grupal del material teórico
- Elaboración de trabajos monográficos sobre marco teórico en grupos de dos cursantes
- Realización de los trabajos prácticos de simulación en forma grupal, en base a las guías de actividades propuestas.
- Elaboración de informes de los trabajos prácticos de simulación.

## Evaluación del curso:

Se realiza mediante el análisis de los trabajos monográficos y de los informes de los trabajos de simulación.

## Material entregado a los alumnos del curso

Se entregó a cada uno de los participantes un CD conteniendo el software y artículos teóricos de varios autores. Material complementario era posible obtener del sitio del Proyecto de los profesores del curso:

[www.fiquis.unl.edu.ar/galileo](http://www.fiquis.unl.edu.ar/galileo)

## Rol de los docentes y del tutor del curso

El desarrollo del curso, tal como se organizó en este caso, requiere de la participación de un tutor. Se entiende por tal a una persona que atiende las consultas y coordina las reuniones presenciales, cuando éstas existen.

De acuerdo a Mariana Maggio, su función se identifica en parte con la del docente en general, tal como hoy es concebida: “En las perspectivas pedagógicas más actuales, alimentadas con el producto de trabajos de investigación en el campo de la didáctica, el docente genera propuestas de actividades para la reflexión, apoya su resolución, sugiere fuentes de información alternativas, ofrece explicaciones, favorece los procesos comprensivos; es decir, guía, orienta, apoya, y en ello consiste su enseñanza” (Maggio, 2000, pág 138).

La diferenciación de roles no es una cuestión sencilla, sino que representa toda una temática de discusión en el campo de la Educación a Distancia. Por ejemplo “En la educación presencial, muchas veces permitimos que nuestros alumnos sigan adelante con una comprensión parcial, en un proceso cuyos avances controlamos en la tarea cotidiana. Con el alumno a distancia la comprensión parcial puede convertirse en una construcción errónea sin que el tutor tenga oportunidad de advertirlo: en eso consiste el riesgo. El tutor deberá entonces aprovechar la oportunidad presente para ofrecer buenas pistas para la profundización del tema y promover procesos reconstructivos a partir, por ejemplo, del señalamiento de una contradicción” (Maggio, 2000, pág. 148).

Estos conceptos fundamentan la importancia de la capacitación del tutor. Esto es así, en función de la modalidad con que se aprende, ya que como se ha expresado, es necesario que los cursantes atraviesen una situación de aprendizaje similar a la que aplicarán luego con sus alumnos. En el caso que nos ocupa, el tutor del curso vive en la misma localidad que los alumnos y tiene posibilidad de reunirse en forma relativamente frecuente con ellos, aunque la mayor parte del aprendizaje la realizan los participantes trabajando en forma grupal e independiente.

En el curso dictado, quedaron diferenciadas las funciones de los Profesores del curso respecto de la del tutor. Los primeros son quienes preparan los materiales, planifican las actividades, capacitan al tutor, y corrigen los trabajos, señalando deficiencias y solicitando mejoras en caso de ser necesario. El tutor oficia en este caso de nexo con los alumnos, atendiendo consultas, estableciendo los plazos de entrega de trabajos, etc.

## Los primeros resultados

La primera edición del curso mostró que los participantes más comprometidos fueron los más jóvenes: ayudantes de cátedra, pasantes, etc. Hubo ciertas dificultades para cumplir con los plazos de entrega, producto del exceso de actividades que tuvieron que afrontar los cursantes. Los trabajos teóricos recibidos hasta el momento fueron de buen nivel, y los informes de trabajos prácticos de simulación resultaron parcialmente favorables. En muchos de ellos se percibió una relativa falta de comprensión de las consignas, y en otros se detectaron algunos errores conceptuales.

Estos resultados se consideraron promisorios, aunque muestran a las claras la necesidad de realizar una serie de ajustes para nuevas ediciones:

- Explicitar mejor las consignas de las guías de actividades. En lo posible dar algún ejemplo del tipo de respuesta que se requiere.
- Mejorar la comunicación y el intercambio para la capacitación del tutor, dada la función clave que le atañe en este proceso.

- Pactar con mayor formalidad con los cursantes, la carga horaria que deben dedicar al curso, así como los plazos de las entregas.

#### La perspectiva futura

Creemos que existen excelentes posibilidades para el desarrollo de la aplicación de las nuevas tecnologías en la enseñanza de la Física en los términos aquí planteados, y que la misma puede representar un aporte importante para promover una transformación profunda de la educación en general. Una de las vías para ello puede ser la capacitación docente a distancia, lo cual ha sido consensuado en la reunión del Proyecto ALFA II-0221-FI, realizado en Julio del corriente año en La Habana. La idea, propuesta por el coordinador del Proyecto, Dr. Miguel Zamarro, de la Universidad de Murcia (España), consiste en ofrecer cursos de esta naturaleza en los distintos países que tienen representantes en este proyecto, para lo cual los coordinadores locales jugarían el rol de tutores. De esta manera se podría crear una red que permita obtener mayor experiencia y conocimientos sobre el tema, lo cual potenciaría la expansión de la propuesta.

#### Unas palabras para Internet

Si bien en este trabajo no se pone de manifiesto la utilización de los recursos más sofisticados de Internet, resulta pertinente señalar que nada de esto se hubiera podido lograr sin utilizar la gigantesca www. Fue a través de la misma que se conocieron muchos protagonistas de este Proyecto, fue con su aporte que se consiguieron valiosos materiales como artículos y software, y es a través de Internet que se realizan prácticamente todas las comunicaciones. Si se quiere, Internet estaría utilizada aquí en forma “conservadora”, porque se busca con su ayuda mejorar una metodología de enseñanza presencial. La razón es que se trata de aprendizaje de la Física, la cual se puede complementar y enriquecer con la enseñanza a distancia, pero por las características de la disciplina requiere del trabajo grupal y de la interacción directa de los alumnos con los docentes y de todos con los experimentos reales. Esta posibilidad que brinda Internet es una prueba más de la flexibilidad y potencialidad de esta poderosa herramienta.

Aunque quizás en el futuro tengamos que revisar algunas de las afirmaciones aquí realizadas: uno de los Proyectos ALFA de la UE contempla el desarrollo de laboratorios remotos manejados a través de Internet.

#### Para finalizar

Pensando de tanto en tanto en estas grandes cosas realizamos día a día las pequeñas y a veces tediosas tareas cotidianas que aportan a la colocación de cada ladrillo de esta construcción colectiva.

#### Bibliografía:

BURBULES, N. C., CALLISTER, T. A.(h). Educación: riesgos y promesas de las nuevas tecnologías de la información. Ediciones Granica. España. (2001)

BRUNER, JEROME: (1997). La educación, puerta de la cultura. Visor. Madrid.

DE SOUSA SANTOS, BOAVENTURA. (1994). En Angulo Rasco, F y Nieves Blanco (coord). Teoría y desarrollo del currículum. Ediciones Aljibe. Málaga.

LARKIN, HILL H., CHABAY, RUTH W. (1996), "La Investigación sobre la enseñanza del pensamiento científico: implicaciones para la enseñanza basada en computadoras". Recopilación de Resnick, Lauren B. y Klopfer Leopold E, "Curriculum y cognición". Editorial AIQUE. Madrid.

LITWIN, EDITH: (2000) Las configuraciones didácticas. PAIDÓS. Buenos Aires.

MAGGIO, Mariana. (2000). "El tutor en la educación a distancia". En: Litwin, E. (compiladora): La educación a distancia. Colección Agenda Educativa. Amorrortu Editores S. A.. Buenos Aires.

PAPERT, SEYMOUR.(1999) Introducción al libro Logo Philosophy and Implementation, publicado por Logo Computer Systems Inc. LCSl.

PERKINS, DAVID: (1997) La escuela inteligente. Gedisa. España.