

La evaluación del aprendizaje de los alumnos en un curso de Física Moderna

Manuel Tovar
Rubén Santos



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



innova**CESAL**



Proyecto cofinanciado
por la Unión Europea



UNIVERSIDAD VERACRUZANA

Proyecto coordinado por
la Universidad Veracruzana,
México

2011



Proyecto cofinanciado
por la Unión Europea



Universidad Veracruzana

Proyecto coordinado
por la Universidad Veracruzana,
México

«La presente publicación ha sido elaborada con la asistencia de la Unión Europea. El contenido de la misma es responsabilidad exclusiva de los autores y en ningún caso refleja los puntos de vista de la Unión Europea».



Esta obra está bajo la licencia de Reconocimiento-No comercial – Sin trabajos derivados 2.5 de Creative Commons. Puede copiarla, distribuirla y comunicarla públicamente, siempre que indique su autor y la cita bibliográfica; no la utilice para fines comerciales; y no haga con ella obra derivada.

La evaluación del aprendizaje de los alumnos en un curso de Física Moderna

Manuel Tovar* y Rubén Santos**

30 de abril de 2011

Resumen

Un curso de Física Moderna para alumnos de las carreras de Licenciatura y de Profesorado en Ciencias Básicas con orientaciones en Biología, Física, Matemática y Química fue implementado con una modalidad especial de cursado que incluyó, además de clases teórico-prácticas que podemos describir como “tradicionales”, la realización de actividades diferentes, orientadas a desarrollar el pensamiento complejo, a favorecer el uso de las TICs para el aprendizaje autónomo, a contribuir al desarrollo de capacidades de comunicación oral y escrita y a establecer un contacto directo del alumno con la investigación actual. Estas actividades fueron: i) el análisis de un trabajo de investigación real y publicado en una revista científica de circulación internacional y ii) la selección de un tema específico relacionado con el curso y la realización de una monografía sintética sobre el mismo y su exposición oral. La evaluación de los alumnos requirió, por lo tanto, un mecanismo apropiado para medir, no solamente la adquisición de conocimientos disciplinares específicos asociados con las temáticas desarrolladas en clase, sino el desarrollo de las otras competencias propiciadas a través de las actividades especiales, más allá del contralor formal de su cumplimiento. Ello se logró combinando secuencialmente una evaluación escrita “tradicional” que incluyó la resolución de problemas con la evaluación de la calidad de los informes escritos y orales y la incorporación, a continuación de la exposición oral de la monografía, de un examen oral limitado a los conceptos incluidos por el alumno en su monografía y orientado a establecer el grado de dominio y comprensión adquiridos sobre la temática abordada.

Palabras clave: pensamiento autónomo, comunicación científica, evaluación.

1. Introducción

1.1 La evaluación del aprendizaje de los alumnos

La evaluación del aprendizaje de los alumnos es una parte sustancial del proceso educativo y, conforme a las tendencias y enfoques actuales, debe demostrar la adquisición de conocimientos asociados a los contenidos teóricos considerados imprescindibles para el ejercicio profesional y el desarrollo de habilidades y competencias que complementen aquel bagaje de conocimientos para actuar eficazmente en la sociedad y permitan un aprendizaje continuo en un mundo en permanente cambio¹.

La evaluación se espera que sea “auténtica”, reconocida como tal por los académicos, atractiva para los estudiantes como oportunidad para confrontar su desempeño y, por supuesto, “debe satisfacer altos estándares de confiabilidad y validez”.²

* Instituto Balseiro, Universidad Nacional de Cuyo (UNCUYO) y Comisión Nacional de Energía Atómica, San Carlos de Bariloche, Argentina e Instituto de Ciencias Básicas, UNCUIYO, Mendoza, Argentina.

** Instituto de Ciencias Básicas, UNCUIYO, Mendoza, Argentina.

¹ Porto Currás, Mónica (2008) *Evaluación para la competencia creativa en la Educación Universitaria*, Cuadernos FHyCS-UN, 35, pp. 77-90.

² Roger, B.; Chu, Mark (2009) *El regreso al aprendizaje en una época de evaluación: una sinapsis del argument*, traducción autorizada del artículo original, publicada por INNOVA-CESAL: *Returning to learning in an age of assessment: A synopsis of the argument. Introducing the Rationale of the Collegiate Learning Assessment*. Council of Aid to Education, New York.

Este último punto es particularmente importante en nuestro caso ya que la casi totalidad de las carreras de cuyo plan el curso forma parte están sujetos a la supervisión del Estado por ser consideradas de interés público las actividades que realizan sus egresados³ y ser la Universidad la institución certificante de las competencias respectivas.

Un aspecto central es establecer qué entendemos específicamente por autenticidad en nuestras carreras, más allá de una definición genérica como la expresada por Gullikers⁴: “una evaluación que requiere que los estudiantes apliquen las mismas competencias o combinación de conocimientos, habilidades y actitudes (necesarias) en la vida profesional”.

Nuestras carreras forman, por una parte, investigadores (Licenciados) en distintas disciplinas consideradas Ciencias Básicas (Biología, Física, Matemática o Química) cuya actividad principal suele ser académica, tanto docente universitaria como dedicada a la investigación, básica o aplicada y/o a la difusión de la ciencia en la sociedad, aunque también puede incluir la realización de tareas relacionadas con diferentes actividades tecnológicas y/o industriales.

Por otra parte, en nuestra Unidad Académica se forman profesores para los niveles educativos Medio y Superior. Su función principal es la docencia en los niveles mencionados, aunque no se agotan allí sus acciones. Participan también en la definición de trayectos curriculares para estos niveles, en la preparación de material didáctico, en el diseño de herramientas para la enseñanza de las ciencias y en proyectos interdisciplinarios que involucren su disciplina.

Esta variada gama de actividades exige en todos los casos la formación y consecuente evaluación, de los siguientes componentes: comprensión clara de los fenómenos estudiados y conocimientos teóricos básicos sobre ellos, pensamiento crítico y abierto, razonamiento analítico, competencias para la resolución de problemas y habilidades para la comunicación oral y escrita. El primero es un requisito esencial para investigadores y docentes en la disciplina. Los restantes ítems constituyen, según Roger⁵, habilidades superiores concurrentes como aprendizaje común universitario.

Todos estos aspectos generan un perfil completamente alejado de la imagen de un “trabajador motivado” en un determinado “puesto de trabajo” demandado por el mercado laboral, como podría ser la formación de técnicos especializados⁶.

1.2 La Física Moderna

“Las raíces de la ciencia alcanzan hasta antes del inicio de la historia acerca de la cual tenemos registros, cuando los seres humanos descubrieron regularidades y relaciones en la Naturaleza”⁷. A través de los siglos el hombre fue creando métodos para hacer estas observaciones, modelos mentales para relacionarlas entre sí y reglas para hacer predicciones a partir de ellas; desarrolló la ciencia. La Física estudió fenómenos básicos como el movimiento, el calor, el sonido, la electricidad, el magnetismo y otras temáticas, ...; y se convirtió en una ciencia fundamental cuyas ideas sirvieron de soporte a otras disciplinas. Sus modelos se convirtieron en “leyes” que por

³ Artículo 43 de la Ley 25921 de la República Argentina, llamada Ley de Educación Superior.

⁴ Gulikers, Judith T.M., Bastiaens, Theo J., Kirschner Paul A. (2004) *Un marco de referencia de 5 dimensiones para la evaluación auténtica*, traducción autorizada del artículo original, publicada por INNOVA-CESAL: “A five dimensional framework for authentic assessment” ETR&D 52 (3), pp.67-86.

⁵ Ver Referencia 2.

⁶ Sluijsmans, Dominique M.A.; Straetmans, Gerard J.J.M., y van Merriënboer, Jeroen J.G. (2008) *Integración de la evaluación auténtica con el aprendizaje basado en competencias en la Educación Técnica*, traducción autorizada del artículo original, publicada por INNOVA-CESAL: *Integrating authentic assessment with competence based learning in vocational education: the Protocol Portfolio Scoring*, J. of Vocational Education 60(2), pp. 159-172.

⁷ Hewitt, Paul G. *Física Conceptual* (1999), Addison Wesley Longman, México.

muchos años parecieron inmutables. A fines del Siglo XIX y principios del Siglo XX, el avance de las observaciones y la precisión de los experimentos sometieron a una dura confrontación a los modelos previos y dieron origen a una visión completamente nueva de la Física. A este proceso se refiere la Física Moderna.

1.3 El curso de Física Moderna

Nuestras carreras de Licenciatura y de Profesorado Universitario en Ciencias Básicas han escogido un perfil que enfatiza una formación básica en Ciencias, común a todas las orientaciones: Biología, Física, Matemática y Química. Dado que la Física impregna hoy, como en el pasado, prácticamente todos los campos de la tecnología y las distintas disciplinas científicas en incontables y variadas situaciones, se ha convertido en socia casi obligada de muchas áreas inter o transdisciplinarias. Por lo tanto, el conocimiento de las problemáticas que aborda, el contacto con las teorías y leyes que utiliza para describir la realidad, la comprensión de la temporalidad de las mismas asociada a la noción de “conocimiento inacabado y provisorio” de la ciencia, son acciones totalmente pertinentes para estimular el desarrollo del pensamiento complejo en los alumnos de carreras orientadas a la investigación y la docencia de las Ciencias Básicas.

El curso de Física General III (Física Moderna) del Instituto de Ciencias Básicas forma parte de un ciclo inicial común a todas las carreras. Su función formativa en la carrera determina tanto el proceso que podríamos llamar de “instrucción” o de “aprendizaje” como el de “evaluación”, actividades que deben estar necesariamente alineadas.

Durante el curso se presenta, a un nivel introductorio, la evolución histórica de algunos conceptos de la Física, tales como el tiempo y el espacio (Teoría de la Relatividad) o la dualidad onda-partícula y el principio de incerteza (Mecánica Cuántica), y los grandes cambios de paradigma que sobrevinieron a comienzos del Siglo XX. Los contenidos básicos del curso incluyen una descripción de las observaciones y experimentos que desafiaron los alcances de la Física Clásica y finalmente dieron origen a nuevas “leyes” que describen mejor (con mayor fidelidad) el mundo de las altas velocidades relativas y el de los componentes de la materia de nivel atómico y subatómico.

Por su temática, este curso enfrenta al alumno, quizás por primera vez en su carrera, con la complejidad del Universo, con las concepciones que el ser humano hace del mismo, con sus intentos de describirlo y modificarlo, con las limitaciones de sus modelos y la consecuente necesidad de desarrollar nuevos conceptos y leyes, revisando crítica y permanentemente la validez de las mismas.

Por todo ello, el desarrollo usual del curso incluye la presentación de algunas de las experiencias previas que dieron sustento a las nuevas teorías, tanto en el caso de la Relatividad como en el de la Mecánica Cuántica. En las clases se muestra cómo las experiencias pusieron a prueba las leyes previamente aceptadas, cómo los científicos se enfrentaron a una realidad que generaba incertidumbres al sobrepasar con la experiencia los límites de validez de los modelos conocidos y cómo esta incertidumbre fue resuelta en forma crítica y creativa.

En nuestra experiencia a cargo del curso, pusimos énfasis también en el contacto del alumno con hechos posteriores, referidos a las consecuencias de estas nuevas leyes sobre otras disciplinas, a sus diversas aplicaciones tecnológicas y a la búsqueda de sus límites de validez.

1.4. El diseño del curso y las tareas encomendadas a los alumnos

El curso está organizado, tradicionalmente, alrededor de clases teórico-prácticas en las que se combinan presentaciones a cargo de los docentes de la cátedra con la discusión de diversos tópicos y la resolución y discusión de problemas que, en general, abordan problemas simples. El

desafío planteado en este proyecto fue el de realizar innovaciones que contribuyesen al desarrollo del pensamiento complejo en los alumnos y de competencias esenciales para el profesional egresado.

Para implementar el proceso innovador se incorporó al diseño del curso un conjunto de elementos:

- a) La exigencia de resolver, en forma individual o grupal y en su totalidad, los problemas planteados en las clases. Los resultados deben presentarse en forma escrita antes de cada examen parcial de la asignatura. Este requerimiento procura enfatizar la importancia de plantear problemas y ejercitarse en la resolución de los mismos, en contraposición a la mera asistencia a clases expositivas.
- b) El análisis de un trabajo de investigación más o menos actual, publicado en una revista científica de circulación internacional, cuya temática esté ligada a los contenidos básicos del curso. Este requerimiento está orientado a establecer un contacto temprano del alumno con la investigación real, con las fuentes del conocimiento científico y con sus protagonistas. Esta intervención es objeto de un informe separado.⁸
- c) La indagación individual o en grupos pequeños acerca de alguna temática especial, escogida a través de un acuerdo entre el docente y el alumno, que tenga en cuenta los intereses del alumno y los objetivos del curso y esté vinculado, por ejemplo, a su futura especialización en una disciplina determinada.

Esta tarea propicia la búsqueda y análisis independiente de información, propiciando el aprendizaje autónomo del alumno, su familiarización con las tecnologías de la información a su alcance en el hogar o en la universidad (“salir” del libro de texto) y, en los casos de trabajo grupal, desarrollar hábitos de trabajo en equipo.

- d) La producción de un documento escrito (individual aunque el trabajo haya sido grupal) sobre la base de la tarea anterior, en el que el alumno analiza y organiza la información recogida procurando transformarla en conocimiento propio, ya que la monografía deberá luego ser expuesta y defendida en forma oral. Se busca contribuir así al desarrollo por parte de alumno de competencias asociadas a la comunicación oral y escrita de los resultados de su trabajo y a la responsabilidad sobre su producción.

2. La evaluación en el curso de Física Moderna

Teniendo en cuenta las premisas expresadas se diseñó el siguiente mecanismo de evaluación, sujeto a un régimen de prerequisites formales a cumplimentar por parte del alumno:

- 1) Exámenes escritos consistentes en la resolución de un conjunto de problemas simples y/o en la respuesta a preguntas conceptuales, referidos a una o más de las áreas temáticas abordadas en el curso.

Prerequisite: asistencia a clases y presentación escrita de los problemas planteados en las mismas, informando los resultados obtenidos.

- 2) Evaluación de la calidad del informe sobre el trabajo de investigación asignado al curso.

Prerequisite: entrega del informe antes de una fecha predeterminada.

⁸

M. Tovar y R. Santos (2010), *La dilatación relativista del tiempo. Una mirada desde el aula*, Innova-Cesal.

- 3) Evaluación de la calidad de la monografía elaborada sobre una temática escogida de común acuerdo entre la cátedra y el alumno (o grupo de alumnos).

Prerrequisito: Entrega de la monografía en un formato predeterminado.

- 4) Evaluación de la presentación y defensa oral de la monografía sobre la temática asignada.

Prerrequisitos: a) Aprobación de la monografía escrita.
b) Aprobación del informe sobre trabajo de investigación.
c) Aprobación del examen escrito (Ítem 1).

3. Autoevaluación del método de evaluación utilizado

En el proyecto INNOVA-CESAL es pertinente una reflexión sobre el método de evaluación empleado en el curso. Para ello utilizaremos el *“Marco de referencia de 5 dimensiones para la evaluación auténtica”* propuesto por Gullikers et al.⁹; éste, si bien puede estar orientado más hacia una titulación de las llamadas *“profesionales”*, provee un mecanismo útil para el análisis. Las 5 dimensiones identificadas allí son: i) la tarea; ii) el contexto físico; iii) el contexto social; iv) la forma de evaluación y v) los criterios o estándares de evaluación.

i) La tarea:

Las tareas concretas involucradas son tres: a) el examen escrito, b) el informe escrito y la monografía y c) su presentación y defensa oral (o examen oral sobre sus contenidos). Las tres se corresponden con actividades que el egresado realiza en su práctica cotidiana: publicación de los resultados de su trabajo, clases dictadas en diferentes niveles, presentaciones y ponencias en conferencias y congresos, entre otras.

ii) El contexto físico:

El ambiente es el mismo que el egresado tendrá para su práctica profesional, sobre todo teniendo en cuenta que al alumno se le permite el acceso a las fuentes de información que pueda necesitar para resolver los problemas planteados. Quizás el tiempo disponible y el lugar físico sean un poco diferentes pero estas limitaciones son casi inevitables si se desea conservar acotada la dificultad de los problemas a resolver en el examen. La similitud con situaciones reales depende de la habilidad para escoger los problemas planteados.

iii) El contexto social:

La evaluación planteada presenta instancias de realización exclusivamente individual (el examen escrito) y otras que pueden individuales o colectivas (la monografía e incluso la defensa oral), característica que es prefijada al definirse la actividad. Ambas situaciones constituyen un reflejo de la futura actividad profesional.

iv) El resultado o forma de evaluación:

Según recopila Gullikers, un resultado auténtico debe:

- a) corresponder a un producto o desempeño de calidad que puede pedirse en la vida real.
- b) ser una demostración que permita hacer inferencias válidas sobre las competencias subyacentes.
- c) provenir de una gama de tareas y múltiples indicadores del aprendizaje, ya que la demostración de competencias no siempre es posible en un solo examen.
- d) los estudiantes deben presentar su trabajo a otras personas, ya sea en forma oral o escrita, por la importancia que tiene la defensa del trabajo propio.

El mecanismo previsto en nuestro caso cumple con estos requisitos de autenticidad:

- Los informes escritos y las exposiciones orales son moneda corriente en la profesión.
- Estos productos son aptos para reflejar las competencias que se procura desarrollar.
- El desdoblamiento en distintas acciones secuenciales permite focalizar en habilidades y desempeños diversos.
- Algunas de las actividades tienen por público a docentes y/o alumnos del curso.

v) Los criterios y estándares:

Los criterios de evaluación y el nivel exigido deben ser acordes con el nivel del curso y edad de los alumnos; además, deben ser explícitos y transparentes para los estudiantes.

En nuestro caso, el nivel del examen escrito está en relación directa con el nivel de complejidad y dificultad de los problemas planteados en clase y resueltos obligatoriamente por los alumnos como prerrequisito para presentarse a examen.

En el caso del examen oral, el nivel y la complejidad de las preguntas están determinados por el nivel y amplitud de la monografía presentada por el alumno. Este es un proceso de autorregulación que hasta ahora ha dado muy buenos resultados, a pesar de que no está prefijado un nivel mínimo para la monografía. De todas maneras, la modalidad de presentación de los informes escritos prevé la reformulación de los mismos en caso de que sean considerados insuficientes para aprobar el curso.

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos son considerados apropiados, y lo es también el alto nivel de participación y aprobación del curso por parte de los alumnos (80% de los alumnos inscriptos). Para las próximas ediciones se establecerá un cuestionario específico a los alumnos que permita una realimentación del sistema para una correcta alineación de los objetivos, las expectativas de logro, el desarrollo del curso y la evaluación de los resultados.

Un aspecto positivo adicional es que las tareas realizadas han permitido una gradación de las calificaciones que refleja no sólo los conocimientos adquiridos, sino también los distintos niveles de compromiso, interés y dedicación en la realización de las tareas.

Una dificultad encontrada está relacionada con el carácter secuencial impuesto a la evaluación. La consecuente extensión en el tiempo de las diversas exigencias podría opacar los aspectos beneficiosos de esta modalidad al incrementar el riesgo de una expansión del proceso más allá de límites razonables. Así ocurrió en la primera edición del curso debido al carácter experimental de las innovaciones, y esta tendencia debió corregirse con posterioridad. Para la actual edición se han establecido límites estrictos para cada actividad y un plazo máximo de 6 meses posteriores a la finalización de las clases formales para el cumplimiento de todos los requisitos, en concordancia con la normativa general vigente en el Instituto.