Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXI Jornada de Pesquisa

FORMACIÓN DE COMPETENCIAS EN FÍSICA MEDIADA POR ROBÓTICA PEDAGÓGICA[1]

Isolda Mercedes Erck[2], Víctor Andrés Kowalski[3], Héctor Darío Enriquez[4], José Antonio Posluszny[5], Jorge Luis López[6].

[1] Pesquisa Institucional desenvolvida no Departamento de Ingeniería Industrial e de Física da Facultad de Ingeniería de la UNaM
[2] Docente Investigador, Facultad de Ingeniería (UNaM), erck@fio.unam.edu.ar
[3] Docente Investigador, Facultad de Ingeniería (UNaM), kowal@fio.unam.edu.ar
[4] Docente Investigador, Facultad de Ingeniería (UNaM), enriquez@fio.unam.edu.ar
[5] Docente Investigador, Facultad de Ingeniería (UNaM), posluj@fio.unam.edu.ar
[6] Docente Investigador, Facultad de Ingeniería (UNaM), lopezj@fio.unam.edu.ar

INTRODUCCIÓN

En la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones (FIUNaM) se está desarrollando un proyecto de investigación en el área de la Formación por Competencias (FPC) en la carrera Ingeniería Industrial. El Modelo de Formación por Competencias (MFPC) con el cual se está trabajando se apoya estructuralmente sobre tres bases: la formulación de competencias, la mediación pedagógica y un sistema de evaluación de competencias (Kowalski et al., 2015).

Cuando se trabaja dentro de una asignatura de un Plan de Estudios, se pueden formular competencias para este espacio curricular, o bien, utilizar el concepto de Resultados de Aprendizaje (RA). Éste último actualmente es la tendencia más intensa en modelos orientados a la FPC en carreras de ingeniería de universidades latinoamericanas. El Marco Europeo de Cualificaciones para el Aprendizaje Permanente, o EQF, (2009) define los Resultados de Aprendizaje (RA) como «expresión de lo que una persona sabe, comprende y es capaz de hacer al culminar un proceso de aprendizaje; se define en términos de conocimientos, destrezas y competencias». Una vez que se han formulado los RA para una asignatura, que si bien es una tarea que demanda considerable esfuerzo, los dos pasos siguientes, que son definir la mediación pedagógica y establecer un sistema de evaluación, se transforman en las actividades más exigentes y a su vez más desafiantes.

La Mediación Pedagógica hace referencia al «cómo» se va a desarrollar el proceso de enseñanza y aprendizaje. Existen numerosas clasificaciones y visiones sobre este aspecto. Por ejemplo, Fortea (2009) habla de Metodologías Didácticas, en tanto, De Miguel Díaz et al. (2005) prefieren una visión más global, separando las Modalidades de los Métodos de enseñanza. Las primeras «aluden a los escenarios de las actividades» mientras que los segundos «implican a los procesos y recursos utilizados». El presente trabajo se enfoca a uno de los Métodos, que es la Formación Experimental (FE), de acuerdo a la definición establecida por las Resoluciones del Ministerio de Educación (ME) 1232/01 (Argentina, 2001) y 1054/02 (Argentina, 2002). Según estas normas la FE es la «actividad experimental vinculada con el estudio de las ciencias básicas así como tecnologías básicas y aplicadas» lo cual involucra al «trabajo en laboratorio y/o campo que permita desarrollar habilidades prácticas en la operación de equipos, diseño de experimentos, toma de muestras y análisis de resultados». La cuestión fundamental es centrar el foco en la experimentación «por» los

estudiantes. En este sentido Campos (2012) señala que «Todo experimento tiene como objetivos: presentar un contenido científico o tecnológico y desarrollar habilidades y competencias relativas a la práctica profesional del ingeniero». Desde este enfoque se propone el uso de la Robótica Pedagógica (RP), también denominada Robótica Educativa. Si bien la RP en la educación ya es un campo de larga data, las definiciones sobre este concepto son variadas. Chavarría y Saldaño (2010) consideran «como una integración de lo que es la tecnología y el currículum educativo», en tanto Ghitis Jaramillo y Alba Vásquez (2014) remiten a «un espacio de diálogo entre la ingeniería, la didáctica y la pedagogía que permite el análisis y la reflexión de las posibilidades que brindan los artefactos electrónicos programables (robots) ». No obstante, más que adoptar una definición, desde la FPC interesa reconocer sus potencialidades y ver cómo puede transformarse en una mediación pedagógica. Esta actividad ya está instalada en nuestro país a través de los planes impulsados por el Estado, mediante los cuales los alumnos antes de ingresar a la universidad están experimentando y aprendiendo con robots. Además, numerosas publicaciones dan cuenta de experiencias que demuestran cómo la RP contribuye a la formación de competencias genéricas, como ser emprendedorismo, innovación, trabajo en equipo, creatividad, entre otras.

En el análisis de diferentes metodologías para la mediación pedagógica se ha propuesto utilizar la RP, enfocada desde la Formación Experimental, a los efectos de lograr aprendizajes más significativos en la asignatura Física 1. Esta asignatura, que involucra contenidos de Física Mecánica y Óptica, se encuentra ubicada en el primer año de las cuatro carreras de ingeniería que se imparten en la FIUNaM. El presente trabajo tiene como objetivo presentar las ventajas que tiene en la actualidad la RP como mediación pedagógica, desde el enfoque de la FPC, a partir del diseño de la secuencia: Formulación de un RA – Selección de Modalidades y Métodos. Se observa el aporte de la RP no solamente a la formación de competencias específicas sino también de las genéricas.

PINCELADAS METODOLÓGICAS

En este trabajo se presenta una línea de acción del proyecto de investigación en FPC que se está desarrollando en la FIUNaM. La investigación general del proyecto se realiza bajo el paradigma pragmático (Mertens, 2010) utilizándose técnicas cualitativas y cuantitativas bajo un enfoque mixto. Las técnicas e instrumentos comprenden, entre otras, la revisión documental y bibliográfica, grupos de discusión, y la triangulación.

Las actividades específicas desarrolladas fueron la formulación de ocho RA para la asignatura. A partir de allí se definieron las Modalidades y Métodos de enseñanza, y luego el sistema de evaluación. En este trabajo, por razones de espacio, se presenta uno de los RA, y se analiza las contribuciones de la RP como uno de los varios métodos utilizados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El formato seleccionado para la redacción de los RA es el que se ajusta a la propuesta de Tobón (2013), para el caso de las competencias, y el de la Universidad de Bío Bío de Chile (UBB-Vicerrectoría Académica, 2013), para el caso de un RA, la cual es la siguiente: [Verbo de Desempeño] + [Objeto de Conocimiento] + [Finalidad] + [Condiciones de Referencia]. De un total de ocho RA propuestos para la asignatura Física 1, se presenta a continuación el primero de ellos:

[Aplicar] [conceptos y ecuaciones de cinemática de la partícula] [para comprender los fenómenos asociados al movimiento de los cuerpos] [en situaciones relacionadas a la ingeniería] [a partir de diferentes fuentes de información y datos].

El verbo seleccionado se corresponde al tercer nivel de la Taxonomía de Bloom para los objetivos educacionales (Kennedy, 2007). En el plano cognitivo esta taxonomía «describe como construimos sobre lo anteriormente aprendido para desarrollar niveles más complejos de comprensión» y establece seis niveles, los cuales son, desde el más bajo hasta el superior: conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación. El concepto central es que cada nivel involucra al anterior. No se puede comprender si no se conoce, no puede haber análisis, si previamente no se alcanzó la aplicación, y así sucesivamente. El nivel en que se ubica el verbo es consistente con los logros que puede alcanzar un alumno de primer año.

La acción, por parte del alumno, recae sobre el Objeto de Conocimiento o Contenido, también denominado Objeto Conceptual, que en este caso son los «conceptos y ecuaciones de cinemática de la partícula».

La Finalidad, «comprender los fenómenos asociados al movimiento de los cuerpos», es la que se ajusta a las normativas que regulan los procesos de acreditación de las carreras de ingeniería que se imparten en la FIUNaM. En este sentido, las Resoluciones del Ministerio de Educación 1232/01 (op. cit.) y 1054/02 (op. cit.), incluyen dentro de las Ciencias Básicas a la Física, sosteniendo que el objetivo de los estudios de esta ciencia «será proporcionar el conocimiento fundamental de los fenómenos de la naturaleza incluyendo sus expresiones cuantitativas y desarrollar la capacidad de su empleo en la ingeniería».

Finalmente, las Condiciones de Referencia, que pueden ser entorno o disciplinarias, describen los criterios de ejecución, y responden a la pregunta «cómo lo hace el alumno?» Para el caso del RA mencionado se plantearon dos Condiciones. La primera, «en situaciones relacionadas a la ingeniería», es una condición de tipo disciplinaria, y hace referencia a las que «do¬sifican o clasifican el aprendizaje desde una visión conceptual propia, o bien a través del prisma de una de¬terminada disciplina» (UBB-Vicerrectoría Académica, op. cit.). Aquí se ha optado el uso del término «situación», en lugar de problema o ejercicio. Existen numerosas discusiones sobre lo que representan estos dos últimos términos, a veces con una frontera poco clara, y en general ambos términos remiten a cierto tipo de actividades programas, y hasta rutinarias, que debe realizar el alumno. Si bien el objetivo último de un MFPC es que el profesional sea capaz de resolver problemas profesionales, en realidad se enfrenta continuamente a «situaciones», que inclusive pueden ser desconocidas. Roegiers (op. cit.) sostiene que «las situaciones se han vuelto cada vez más complejas, ya sea en el mundo científico, donde cada vez es menos común que un problema pueda ser resuelto según un enfoque disciplinario único» o «en el mundo industrial donde la evolución de las tecnologías requiere de un reciclaje permanente». Luego, los problemas profesionales deben ser formulados a partir de la interpretación de las situaciones. No obstante, es en estas últimas donde se puede demostrar la competencia, que según Roegiers (2007) es «la posibilidad, para un individuo, de movilizar, de manera interiorizada, un conjunto integrado de recursos con miras a resolver una familia de situaciones-problemas». Para este autor los «recursos» son los saberes-hacer: cognitivos, gestuales y socio-afectivos.

La segunda Condición establecida para el RA, «a partir de diferentes fuentes de información y datos», es de «entorno», que remite a aquellas que «especifican des-de las condiciones,

circunstancias y/o contextos en donde se movilizará o ejecu¬tará el aprendizaje» (UBB-Vicerrectoría Académica, op. cit.). Aquí se pone el énfasis en que la situación presentada al alumno puede ser a base de un enunciado, una representación gráfica, o inclusive a partir de observaciones y mediciones de ensayos.

Una vez establecido el RA, la tarea del docente es definir qué mediación pedagógica es la más adecuada para lo que se ha propuesto. En carreras de ingeniería es tradicional dividir las actividades en un desarrollo de conceptos teóricos por parte del profesor, y luego la realización de actividades denominadas «prácticas» en las que los alumnos resuelven ejercicios y/o problemas, y algunas veces se complementa con «prácticas de la laboratorio». En un MFPC esto no está bien ni mal, sino que depende de cómo se lo haga. Para ello hay que tener en cuenta que cuanto más «activa» sea la participación del alumno, tanto más significativo será el aprendizaje. Tomando específicamente los Métodos, Fernández (2006) sobre los aportes de varios autores, sitúa a los diferentes métodos en un continuo, uno de cuyos extremos es la Lección Magistral y en el otro el Aprendizaje Autónomo. Este continuo se desarrolla en un eje que relaciona la menor o mayor participación del alumno, es decir qué tan «activa» es la mediación pedagógica. Sin embargo estos extremos no son puros en términos de pasividad y actividad «Debe notarse que incluso en cada uno de los extremos del continuo hay algo de control y participación por el profesor y los alumnos» (Fernández, op. cit.). Además, un método no es «activo» por sí mismo, y en este sentido Fortea (op. cit.) toma como ejemplo una práctica de laboratorio, la cual puede ser muy pasiva o muy activa, dependiendo que sean «experimentos rutinarios totalmente especificados por el profesor» para el primer caso, o «investigaciones guiadas en las que el estudiante puede proponer hipótesis a probar», para el segundo caso.
Sin embargo, más allá de cualquier clasificación, existen dos cuestiones que deben resaltarse. En primer lugar, como enfatiza (Fernández, op. cit.) los métodos son solamente medios para desarrollar competencias y no fines en sí mismos, y el reto para el docente está en la experimentación para determinar cuál o cuáles resultan más apropiados, de acuerdo a las metas previstas. La segunda cuestión es que dentro de una asignatura no se debe restringir a un único método. Cada unidad temática, cada concepto o cada contenido, deben ser analizados con relación al método a utilizar, y por ello Fortea (op. cit.) sostiene que «la mejor metodología es, en realidad, una combinación de metodologías».
Para el RA propuesto se han adoptado como Modalidades las Clases Teóricas y Clases Prácticas auxiliadas con tutoría docente, para el horario presencial. Para las Clases Teóricas se adoptó el Método Expositivo mediado con el Instrumento Presentación Multimedia. Para las Clases Prácticas se adoptó como Métodos la Resolución de Ejercicios y Problemas y la Formación Experimental, siendo los instrumentos las correspondientes guías. En tanto para el horario no presencial la modalidad es el trabajo autónomo individual, para el cual se establecieron para el alumno, como métodos, actividades de lectura recomendadas y la resolución de una selección de ejercicios y problemas, en cantidad adecuada a una cierta cantidad de horas. Se complementan estas modalidades con la de Tutoría en horarios destinados a consultas.

Como se mencionó precedentemente la discusión se centra en el desarrollo de una actividad de FE mediada por RP. Esta actividad se realizó en dos etapas, separadas como dos experiencias. De esta

manera se fue cediendo gradualmente el control a los alumnos. En la primera etapa, cada grupo de alumnos se enfrentó a una situación inicial que consistió en definir una velocidad de desplazamiento con la que se movería el robot. Esto supone un primer acercamiento a una situación real, e implica definir un valor que se adapte a la experiencia a realizar. Una vez establecido el valor de la velocidad debieron introducir los datos en la placa de control, mediante un dispositivo electrónico que reconozca y permita maniobrar con la interfaz. Así cada grupo de estudiantes puso a disposición una notebook o netbook para la actividad, previamente debiendo descargar el software desde una página web que se puso a disposición en el Aula Virtual de la asignatura. Luego, en la guía de la experiencia, se especificaron los puntos de partida y de destino para el movimiento del robot. Uno de los movimientos implicaba hacer un retorno parcial de la trayectoria. En todo el recorrido del robot cada grupo realizó las mediciones correspondientes, registrando las mismas. En la segunda experiencia, la consigna era que el robot tenía que moverse desde la posición inicial a la final (o viceversa) marcadas en la primera experiencia, con una velocidad tal (a determinar por el grupo) que represente la velocidad media de la primera experiencia. Con esta segunda experiencia se pretendió que los alumnos realicen cálculos y análisis mientras dure la actividad. Finalmente debían presentar el informe de laboratorio siguiendo unas consignas establecidas. En esta actividad los alumnos integraron y articularon algunos de los saberes que se mencionan a continuación.

Saberes-hacer Cognitivos:

• Escoger un sistema de referencia para analizar el movimiento del robot.
• Establecer los diferentes tipos de errores que se pudieron cometer en las mediciones realizadas durante la experiencia.
• Reconocer la falta de determinados datos y establecer supuestos.
• Aplicar conceptos de desplazamiento, velocidad media y velocidad instantánea al movimiento seguido por el robot.
• Asociar ecuaciones de posición y velocidad con el movimiento seguido por el robot.
• Argumentar los resultados representados en las ecuaciones y en los gráficos.

Saberes-hacer Gestuales:

• Registrar valores de posición y tiempo del movimiento seguido por el robot especificando las unidades.
• Representar gráficamente los valores medidos y calculados del conjunto de mediciones realizadas.
• Representar vectorialmente las magnitudes físicas analizadas.
• Operar con dispositivos digitales y tecnológicos.
• Manipular los distintos elementos de medición.

Saberes-hacer Socio-Afectivos:

• Trabajar en Equipo: que incluye, por ejemplo, interactuar en grupos heterogéneos; promover una actitud participativa y colaborativa entre los integrantes del equipo, entre otros.
• Comunicarse con efectividad: que incluye, por ejemplo, expresarse de manera concisa, clara y precisa, tanto en forma oral como escrita; producir textos técnicos (descriptivos, argumentativos y explicativos), entre otros.

CONCLUSIONES

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXI Jornada de Pesquisa

La RP se presenta como una Mediación Pedagógica, dentro de la Formación Experimental, con muchas potencialidades, que no solo contribuye a la formación de competencias específicas disciplinares, sino también a las genéricas, relacionadas a los saberes-hacer socio-afectivos.
El hecho que los alumnos tengan que realizar cálculos e interpretaciones mientras realizan la experiencia, apunta a salir de la práctica de laboratorio guidada como receta. Además, los increpa a asociar el fenómeno estudiado (movimiento del robot) con lo visto en la teoría: aplicar conceptos y ecuaciones que correspondan a la situación planteada (posición, desplazamiento, velocidad media, etc.).
Estas primeras experiencias además han dado cuenta que estas metodologías activas, que exigen un fuerte involucramiento del alumno ya que las producciones resultantes (los robots) funcionan o no funcionan, son muy motivadoras por los desafíos que le representan.
Finalmente también representan un desafío para el docente, ya que debe abandonar su posición de «transmisor» para asumir el rol de «orientador», en estos procesos.

PALABRAS CLAVE
Formación por Competencias; Física; Robótica Pedagógica; Mediación Pedagógica

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
ARGENTINA. Ministerio de Educación. Resolución 1232/01. Estándares para la acreditación de Ingeniería Aeronáutica, en Alimentos, Ambiental, Civil, Electricista, Electromecánico, Electrónica, en Materiales, Mecánico, en Minas, Nuclear, en Petróleo, y Química. Buenos Aires: Boletín Oficial N°29.805, 2001.
ARGENTINA (b). Ministerio de Educación. Resolución 1054/02. Estándares para la acreditación de Ingeniería Industrial. Buenos Aires: Boletín Oficial N°30.014, 2002.
CAMPOS, P. O ensino reflexivo em experimentos de laboratório didático na engenharia (tese). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.
CHAVARRÍA, Mariela; SALDAÑO, Antonio. La robótica educativa como una innovativa interfaz educativa entre el alumno y una situación-problema. Revista Didasc@lia: Didáctica y Educación, n. 2, p.4-12, 2010.
COMISIÓN EUROPEA. El Marco Europeo de Cualificaciones para el aprendizaje permanente (EQF-MEC). Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, 2009.
DE MIGUEL DÍAZ, Miguel. (Dir.). Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias: orientaciones para promover el cambio metodológico en el espacio europeo de educación superior. Oviedo: Ediciones de la Universidad de Oviedo, 2006.
FERNÁNDEZ, Amparo. Metodologías activas para la formación de competencias. Educatio siglo XXI. Murcia: Universidad de Murcia, v. 24., p.35-56. 2006.
FORTEA, Miguel. Metodologías didácticas para la Enseñanza/Aprendizaje de Competencias. Castellón: Unitat de Suport Educatiu - Universitat Jaume I, 2009.
GHITIS JARAMILLO, Tatiana; ALBA VÁSQUEZ, John. Los robots llegan a las aulas. Revista Infancias Imágenes, v. 3 n. 1, p.143-147, 2014.
KENNEDY, Declan. Redactar y utilizar resultados de aprendizaje. Cork: University College Cork, 2007.

KOWALSKI, V., ERCK, M.; ENRIQUEZ, H. Formación por competencias en Ingeniería Industrial: Moda o Mejora Académica? In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA – CIECITEC. NTI-URI, 3. Santo Ângelo, 2015. Anais, 2015. p.1-10.

MERTENS, Donna. Research and Evaluation in Education and Psychology: Integrating Diversity with Quantitative, Qualitative, and Mixed Methods. 3rd. ed. California, London, New Delhi: SAGE Publications, 2010.

ROEGIERS, Xavier. Pedagogía de la integración: Competencias e integración de los conocimientos en la enseñanza. 1a ed. San José: Coordinación Educativa y Cultural Centroamericana y AECI. Colección IDER (Investigación y desarrollo educativo regional), 2007.

TOBÓN, Sergio. Formación integral y competencias: pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación. 4a ed. Bogotá: Ecoe Ediciones, 2013.

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO. VICERRECTORÍA ACADÉMICA. Manual de Elaboración de Programas de Asignaturas: Material de apoyo para la implementación del Modelo Educativo en el marco del proceso de Renovación Curricular en la Universidad del Bío-Bío. Concepción, Universidad del Bío-Bío, 2013.