

# *Los Proyectos de Modelización Matemática y el desarrollo de la competencia de innovación.*

**María José Pérez-Peñalver**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

[mjperez@mat.upv.es](mailto:mjperez@mat.upv.es)

---

## Abstract

*En el contexto europeo actual y en el español en particular, con una crisis global de todo el sistema, el sistema educativo tiene el reto de formar personas preparadas para desenvolverse en un universo cambiante. Y la sociedad necesita empresas competitivas y creativas que ofrezcan nuevos productos y servicios y necesitan directivos y trabajadores preparados para estas tareas. En el contexto educativo, y con este propósito, va ganando presencia el trabajo de los procedimientos y las actitudes y toman relevancia las denominadas competencias genéricas, y concretamente destaca el interés por desarrollar la competencia de innovación. Así, desde diferentes ámbitos, se están proponiendo formas de enseñar para poder desarrollar esta competencia y surge la denominada Pedagogía de la Innovación. Veremos que muchas de las capacidades y habilidades que componen la competencia de innovación se pueden trabajar en las clases de matemáticas con los proyectos de modelización y cuya metodología está en la línea de la Pedagogía de la Innovación.*

*In the current European context, and in the Spanish in particular, with the entire system in global crisis, the education system has the challenge of training people to be prepared to deal with the changing environment. Society needs creative and competitive enterprises that offer new products and services, with managers and workers trained for these tasks. Thus in the educational context, the acquisition of procedures and attitudes is gaining presence and the generic skills are becoming relevant in the whole educational process, and more specifically innovation competence. So from different areas are being proposed ways of teaching in order to develop this competence and arises the Innovation Pedagogy. We will see that many of the skills and abilities that compose the innovation competence can work on math classes with modeling projects and that this methodology is in the line of the Innovation Pedagogy.*

---

Keywords: Competencia de innovación, aprendizaje basado en proyectos, modelización matemática, Pedagogía de la Innovación.

Innovation competence, project based learning, mathematical modeling, Innovation Pedagogy

## 1 Introducción

En los últimos años, es bastante usual encontrarnos en la prensa con comentarios de nuestros políticos sobre la necesidad de la innovación. Por ejemplo Patxi López, expresidente de País Vasco, afirmó "Queremos implantar el gen de la innovación en nuestro ADN compartido. Es la vía más segura, la gran palanca para soportar la crisis y salir de ella" (El País 15-12-2011). Parece que debemos ir en la dirección de contar con un sector empresarial que apueste más por la calidad, la innovación y la internacionalización. Y no sólo eso, las administraciones públicas deben gestionar mejor sus presupuestos y apostar por una planificación estratégica en la que sean impulsados la investigación, el desarrollo sostenible y la innovación. El rector de la Universidad Politécnica de Valencia, Juan Juliá, declaró que no hay otro camino posible para afrontar la situación económica actual que invertir en educación superior, investigación e innovación. Los países que lo hacen son los más competitivos y mejor preparados para encontrar soluciones. (Expansión 20-01-2012)

En la misma línea, y desde otros ámbitos, se lanzan más opiniones al respecto. Desde el mundo empresarial, Mónica Leza, vicepresidenta de innovación y responsable de la unidad de Neuromarketing del grupo McCann (2011) nos habla de que la crisis ha sacado a relucir la importancia de la innovación para la sostenibilidad de las empresas y de la propia sociedad. Cualquier compañía se ve abocada a adoptar la innovación como un tema permanente y su mejor arma para ser capaces de aprovechar los retos actuales y futuros. Afirma que, detectar tendencias sociales, empresariales, tecnológicas y científicas es algo absolutamente necesario para un país, para un sector, para una empresa y para una marca.

Así que, en muchos sentidos, una formación adecuada del mercado laboral debe convertirse en protagonista, ya que la sociedad necesita empresas competitivas y creativas que ofrezcan nuevos productos y servicios y se necesitan directivos y trabajadores preparados para ello.

En el contexto educativo, y con este propósito, pierde sentido la acumulación de contenidos y va ganando presencia el trabajo de los procedimientos y las actitudes. La tarea de los educadores es asegurarse de que los estudiantes puedan hacer frente a situaciones y aprendan técnicas y habilidades que los preparen para los escenarios reales de trabajo. Así que toman relevancia en todo el proceso educativo las denominadas competencias genéricas. En los currículos de enseñanza preuniversitarios empiezan a incluir estas competencias transversales, que veremos que son el combustible del motor de la innovación. Por otro lado, las instituciones de educación superior deben considerarse parte de la estrategia del desarrollo de un país, y, el modelo de gestión universitaria debe incorporar las nuevas propuestas y retos de la sociedad, en una oferta mundial globalizada, por lo que, para este nivel, destaca aún más el interés por desarrollar la competencia de innovación.

En este sentido, estudiaremos esta competencia, para después analizar como trabajarla dentro del currículo. Concretamente veremos que, en la enseñanza de las matemáticas, el trabajo a través de proyectos de modelización cumple con muchas de las características que desarrollan esta competencia.

## 2 Competencia e innovación

La competencia se puede definir como un saber hacer complejo que resulta de la integración, movilización y adaptación de capacidades y habilidades utilizados eficazmente en situaciones

que tienen características comunes (Lasnier 2000) o un saber actuar complejo basado en la movilización y combinación eficaz de una variedad de recursos, internos y externos, al interior de una familia de situaciones (Tardif 2006).

Según Villa y Poblete (2007), la competencia se puede definir como: El buen desempeño en contextos diversos y auténticos basado en la integración y activación de conocimientos, normas, técnicas, procedimientos, habilidades y destrezas, actitudes y valores.

Las recomendaciones del Marco Europeo de Cualificaciones para el aprendizaje permanente (2008) añade la responsabilidad y la autonomía a los términos del significado de la competencia como "la demostrada capacidad para utilizar conocimientos, destrezas y habilidades personales, sociales y / o metodológicas, en situaciones de trabajo o estudio y en profesional y el desarrollo personal".

Podemos considerar las competencias, capacidades y habilidades como tres niveles de complejidad en un saber hacer o saber actuar contextualizado. Una competencia está formada por un conjunto de capacidades y éstas por un conjunto de habilidades que son las exigidas para una ejecución cada vez más compleja. Las habilidades son un saber hacer simple. La capacidad es un saber hacer medianamente complejo que integra habilidades. Las capacidades exigen conocimientos procedimentales y condicionales. Las competencias son un saber hacer complejo que integra capacidades (Fernández March, 2010; Lasnier, 2000).

Mucho se ha dicho acerca de la innovación y en la revisión de algunos de los estudios proponemos las definiciones que más se adaptan a los tiempos actuales. Rogers (2003) la define como una idea, objeto o manera de hacer que es considerado nuevo y Lehto et al. (2011) la definen como la invención de algo nuevo o la mejora de algo que ya existe.

Por otra parte, la innovación puede enfocarse desde una perspectiva continua (mejora de algo existente) o radical (creación de algo nuevo). Esto daría lugar a una clasificación en función del grado de innovación. En el mínimo se situaría la no innovación, y continuaríamos la escala con la innovación continua, hasta llegar al tope de la escala que es la innovación radical (Goffin y Mitchell, 2010). Las innovaciones radicales generan unos cambios tan dramáticos que transforman los mercados existentes o generan nuevos mercados. (Leifer, 2000)

### 3 Características de la competencia de innovación

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) describe unas habilidades básicas que sientan las bases para la innovación y la investigación. En primer lugar, las habilidades básicas de lectura, escritura, numéricas y de alfabetización digital. En segundo lugar están las habilidades académicas genéricas que son generalmente obtenidas a través del sistema educativo y son transferibles a través de situaciones (idiomas, matemáticas, historia, derecho y ciencias). Por último, los conocimientos técnicos, que son las habilidades específicas que se requieren en una ocupación que pueden incluir habilidades académicas y el conocimiento de ciertas herramientas o procesos (OCDE, 2011).

Además las capacidades y habilidades que conforman la competencia de innovación se pueden clasificar en tres dimensiones, individual, interpersonal y trabajo en red (networking) (Kairisto-Mertanen et al. 2011).



Figura 1: Modelo de la competencia de innovación (Watts et al. 2012).

Atendiendo a esta división podemos encontrar las siguientes características (Cerinšek y Dorinšek 2009; OCDE 2011; Marín et al. 2011; Andreu et al. 2011; Pérez-Peñalver et al. 2012):

### Dimensión individual

Los individuos que favorecen, participan o lideran los procesos de innovación, tienen unas cualidades personales especiales. Entre ellas destacamos:

- La curiosidad, la disposición y capacidad de aprendizaje, la orientación a la meta.
- La creatividad.
- La resolución de problemas, capacidad de conceptualizar y la complejidad cognitiva.
- El control de sí mismo.
- Habilidades empresariales y de gestión. Ser emprendedor.
- La motivación, hacer frente al caos y la incertidumbre o la capacidad para manejar la complejidad.
- La autonomía y pensamiento crítico.
- La flexibilidad o la receptividad a la innovación.
- La ambición.

### Dimensión interpersonal

Para innovar, generalmente no se está sólo, se necesita establecer relaciones de diferente índole con otras personas. En este ámbito, los individuos necesitan desarrollar ciertas capacidades que les permitirán manejarse de manera efectiva, en la relación de trabajo con otros. Son habilidades claves en los entornos de innovación:

- La comunicación.
- La empatía y la inteligencia emocional.
- El trabajo en equipo: la habilidad de crear conocimiento de forma colaborativa y de saber manejarse con los conflictos.
- El liderazgo: la capacidad de formación y dirección de equipos, coaching, mentoring, negociación, coordinación, carisma.

## Dimensión networking

Esta dimensión cubre todas las habilidades que implican la cooperación con los miembros de otras empresas o instituciones, ya sean locales, nacionales o internacionales, así como las relaciones comerciales. Este hecho trae una perspectiva de un entorno profesional multicultural y multidisciplinar, donde el acuerdo, el respeto de los diferentes enfoques y la responsabilidad social, ayuda a desarrollar una red capaz de ofrecer a la sociedad unos resultados confiables. Esta última dimensión también implica un proceso de transformación que, una vez que se lleva a cabo, tiene un efecto inmediato y a medio plazo en la sociedad. En este sentido, la innovación debe ir de la mano de los valores éticos y de responsabilidad social, que incluye la sostenibilidad. Podemos citar:

- Las habilidades 'verdes' o éticas.
- La apertura multicultural, la comprensión y comunicación entre culturas.
- El saber manejarse en un contexto multidisciplinar.
- El saber manejarse en un contexto internacional.
- Las habilidades respecto a los consumidores.
- El ser capaz de tener una buena red de contactos.

## 4 Pedagogía de la innovación

Desde diferentes ámbitos se están proponiendo formas de enseñar para poder desarrollar la competencia de innovación y surge la denominada Pedagogía de la Innovación (Kettunen, 2009). La Pedagogía de la Innovación tiene como objetivo generar la disposición a innovar en los estudiantes mediante la integración de docencia, investigación y desarrollo, así como la cooperación con los actores de la vida laboral (Lehto et al. 2011).

La Pedagogía de la Innovación presenta cómo puede llegar a ser posible el desarrollo de habilidades de innovación en los estudiantes desde el comienzo de sus estudios. El núcleo de la Pedagogía de la Innovación radica en el énfasis en el diálogo interactivo entre la organización educativa, los estudiantes, la vida laboral y sociedad circundante. Su objetivo es desarrollar la competencia de innovación de los estudiantes, que se consigue con los resultados de aprendizaje que se refieren a conocimientos, habilidades y actitudes necesarias para que las actividades de innovación tengan éxito. Es un enfoque de aprendizaje que define de un modo nuevo cómo es asimilado, producido y utilizado el conocimiento, de manera que pueda crear innovaciones. (Kairisto-Mertanen et al. 2012).

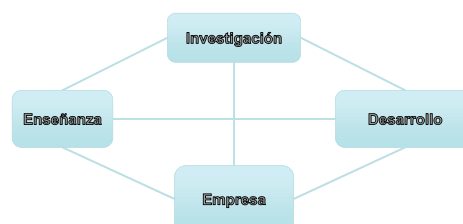


Figura 2: Pedagogía de la innovación.

En resumen algunas de sus características son, que aplica el conocimiento, que es multidisciplinar, que es compartida, que envuelve actividades de investigación, que cruza fronteras, que tiene el foco en el problema y que esta conectada con en el mundo laboral.

## 5 ¿Cómo desarrollar en la enseñanza la competencia de innovación?

En general, para el desarrollo de las competencias genéricas o básicas se señalan: el criterio interdisciplinar, el criterio de transversalidad, el criterio de interacción con la sociedad (mundo académico/mundo laboral) y el criterio de complejidad, entre otros (Aznar 2009).

Seltzer and Bentley (1999) proponen que para un aprendizaje creativo la enseñanza debería tener las siguientes características:

- El aprendizaje se estructuraría principalmente a través de proyectos. Algunos individuales, pero muchos estarían trabajados en grupo.
- Los estudiantes deberían practicar de manera reiterada la identificación y resolución de problemas.
- El aprendizaje se llevaría a cabo en una variedad de contextos y se utilizarían una variedad de métodos.
- Las ganancias de conocimiento y el aprendizaje se evaluarán desde distintas perspectivas, incluyendo la del alumno.
- El análisis y la autoevaluación estaría incorporada en el currículo.
- Las capacidades se revisarían y se practicarían a lo largo del tiempo, de manera que los conocimientos adquiridos previamente se podrían aplicar creativamente a nuevos problemas en cursos posteriores.
- Los estudiantes se beneficiarían de la profundidad de la comprensión en una serie de disciplinas o dominios de conocimiento, incluyendo materias académicas tradicionales.

### Un ejemplo de Pedagogía de la Innovación: La Universidad de Ciencias Aplicadas de Turku (Finlandia)

La Pedagogía de la Innovación se ha desarrollado en la Universidad de Ciencias Aplicadas de Turku en la que también forma parte de la estrategia de la universidad. Trabajan proyectos multidisciplinares y de investigación aplicada cuyo desarrollo responde a las necesidades del cliente y son integrados en la educación de una manera flexible (Kettanen 2011; Lehto et al. 2011):

**Project Hatchery** : Proyectos desarrollados en grupos de estudiantes de diferentes disciplinas, que se realizan durante el primer curso. El equipo elige sus objetivos y el método para resolverlo, así como un director del proyecto y un secretario. Los resultados se muestran a los demás a través de presentaciones, pósters y memorias escritas.

**Research Hatchery** : Son proyectos o subproyectos que combinan investigación y desarrollo. Los estudiantes son de últimos cursos y trabajan bajo la supervisión de estudiantes más avanzados, de profesores y de personal de I+D.

## 6 Los proyectos de modelización matemática

La modelización matemática consiste en formular un problema de la vida cotidiana o situación técnica en términos matemáticos, resolverlo si es posible e interpretar los resultados en términos del problema y de la situación planteada (Gómez-Urgellés 2008). El marco teórico se fundamenta en el trabajo realizado por M. Niss (1992) y en el siguiente esquema :

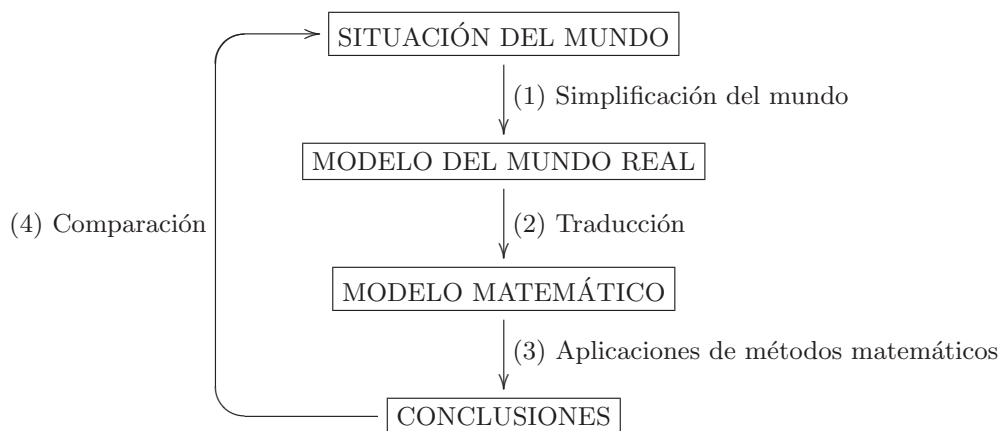


Figura 3: La modelización matemática (Gómez-Urgellés 2008).

El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP o PBL, Project-based learning) es un método docente basado en el estudiante como protagonista de su propio aprendizaje. En este método, el aprendizaje de conocimientos tiene la misma importancia que la adquisición de habilidades y actitudes. Tiene su origen en los años setenta en estudios de medicina en la Universidad de McMaster (Universidad de McMaster 2001). El método consiste en la realización de un proyecto, normalmente de cierta envergadura y en grupo. Ese proyecto ha sido analizado previamente por el profesor para asegurarse de que el alumno cuenta los suficientes datos y los necesarios instrumentos y que en su resolución desarrollará todas las destrezas que se desea.

Los proyectos de modelización matemática se basan en la metodología de los PBL y sus proyectos son problemas de modelización matemática (Robert et al. 2002). Podemos encontrar bastantes asignaturas de matemáticas en la universidad española que en mayor o menor grado se imparten con esta metodología. Algunos ejemplos destacables los encontramos en la Escola Universitaria Politècnica de Vilanova i la Geltrú, en la especialidad de Electrónica industrial (Gómez-Urgellés 2001) y en la Universidad Politècnica de Valencia en asignaturas de las titulaciones de ingeniería civil (García Raffi et al. 2000, Pérez Peñalver 2006) y del grado en Sistemas de Telecomunicación Sonido e Imagen (Vidal Meló et al. 2011).

Algunas de las características de esta metodología son que se trata de problemas-proyecto con solución más o menos abierta, con extensión media-larga, normalmente multidisciplinares, trabajados de forma cooperativa, que pueden iniciar a la investigación, van tutorizados por el profesor/los profesores, utilizan para los cálculos software matemático, etc. El producto que se obtiene sobre la resolución de los proyectos y puede tener muy diversos formatos, dependiendo del proyecto que se trate y de los objetivos de aprendizaje que se persigan, podemos citar una memoria, una defensa oral de una presentación, un póster, un portafolio, maquetas, formato

electrónico y videos. La evaluación que se utiliza en estos proyectos puede tratarse de evaluación entre pares, evaluación compartida, evaluación por un tribunal, autoevaluación, en las que se suelen utilizar rúbricas con unos criterios previamente establecidos que se pueden consensuar con los estudiantes.

## 7 Conclusiones

La revisión de la literatura sobre la competencia de innovación y la pedagogía de la innovación permite deducir que la metodología de proyectos de modelización matemática cumple con suficientes características de las que tienden a desarrollar las capacidades y habilidades que componen la competencia de innovación.

Desde el proyecto INCODE (Innovation Competence Development), financiado por la unión europea, se está desarrollando un instrumento que pretende medir la competencia de innovación (Penttilä et al. (2012), Watts et al. (2012)). Una vez validado y probado, este barómetro permitirá comprobar las mejoras respecto a la competencia de innovación de este tipo de metodologías.

## Agradecimientos

518132-LLP-1-2011-1-FI-ERASMUS-FEXI, INCODE and PIME A13/11 2012.



# Referencias

- [1] M. A. Andreu, L. E. García-Carbonell, F. González, J. A. Marín, B. Montero, M. J. Pérez, I. Sanz, F. Watts. Innovation Competences Definition. International Conference on Knowledge Work and Innovations. 1st conference of European strategic HEI partner network on knowledge work and innovations. HU Utrecht University of Applied Sciences. Nov. 2–4 (2011).
- [2] P. Aznar Minguet, M. A. Ull Solis. Education in basic competences for sustainable development. The role of university. *Revista de Educación*, 219–237 (2009).
- [3] G. Cerinšek, S. Dolinšek. Identifying employees' innovation competency in organisations. *International Journal of Innovation and Learning* **6**(2), 64–177 (2009).
- [4] G. Cerinšek, S. Dolinšek. Entrevista, *Control*, **582**, 32–34 (2011).
- [5] European Parliament Council (23 April 2008). Recommendations (Recommendation of the European Parliament and of the Council of 23 April 2008 on the establishment of the European Qualifications Framework for lifelong learning). *Official Journal C 111*, pp. 1-7.
- [6] A. Fernández March. La evaluación orientada al aprendizaje en un modelo de formación por competencias en la educación universitaria. *Revista de Docencia Universitaria*, **8**(1), 11–34 (2010).
- [7] L. M. García Raffi, M. J. Pérez Peñalver, E. A. Sánchez Pérez, J. V. Sánchez Pérez. La modelización como instrumento didáctico: La asignatura Matemáticas Asistidas por Ordenador, en la E.T.S.I.C.C.P de la Universidad Politécnica de Valencia. 1er Congreso Internacional: Docencia Universitaria e Innovación. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 114–134 (2000).
- [8] K. Goffin, R. Mitchell. *Innovation management*. Palgrave-MacMillan (2010).
- [9] J. Gómez Urgellés. *Binomi treball cooperatiu-modelització*. Primera Jornada sobre Aprendizaje Cooperativo. Barcelona, 2001.  
<http://giac.upc.es/JAC10/01/binomitreballcooperatiu.PDF> (15/03/2013)
- [10] J. Gómez Urgellés. La ingeniería como escenario y los modelos matemáticos como actores. *Modelling in Science Education and Learning* **1**(1), 3–9 (2008).
- [11] L. Kairisto-Mertanen, M. Rasanen, J. Lehtonen, H. Lappalainen. Innovation pedagogy-learning through active multidisciplinary methods. *Revista de Docencia Universitaria*. REDU. Monográfico: Buenas practicas docente en la enseñanza universitaria. **10**(1), 67–86 (2012). <http://redaberta.usc.es/redu> (12/12/2012)
- [12] J. Kettunen. Innovation pedagogy for universities of applied sciences, in *Creative Education*, **2**(1), 56–62 (2011).

- [13] J. Kettunen. Innovaatiopedagogiikka, *Keve-verkkolehti*, **8**(2), (2009).  
<http://ojs.seamk.fi/index.php/keve/article/view/1123/1000> (24/06/2011).
- [14] A. Lehto, L. Kairisto-Mertanen, T. Penttilä (eds.). *Towards Innovation Pedagogy. A new approach to teaching and learning for universities of applied sciences. Reports from Turku University of Applied Sciences 100*, Tampere. 2011.
- [15] R. Leifer. *Radical innovation: how mature companies can outsmart upstarts*. Harvard Business Press. 2000.
- [16] McMaster University. *Problem-Based Learning*. 2001.  
<http://www.chemeng.mcmaster.ca/pbl/pbl.htm> (12/03/2013)
- [17] J. A. Marín, L. E. Aznar-Mas, F. González Ladrón de Guevara. Innovation Types and Talent Management for Innovation. *Working Papers on operations Management*, **2**(2), 25–31 (2011).
- [18] M. Niss. Applications and modelling in school Mathematics-directions for future development, in I. Wrszup I Steint (ed) *Development in school mathematics around the world V.3*. NCTM. Reston. 1992.
- [19] Organisation for Economic Co-operation and Development (2011). *Skills for innovation and research*. 2011.
- [20] T. Penttilä, L. Kairisto-Mertanen. Innovation competence barometer ICB - a tool for assessing students' innovation competences as learning outcomes in higher education, in *INTED2012 Conference*. 5th-7th March 2012, 6347–6351 (2012).
- [21] M. J. Pérez Peñalver, L. E. Aznar-Mas, F. Watts. To adapt or to die when leaving the university: to promote innovation competence may be the key. In *Proc. of 6th International Technology, Education and Development Conference (INTED 2012)*, Valencia, 2731–2736 (2012).
- [22] M. J. Pérez Peñalver. Experiencias de evaluación de trabajo en grupo en el área de matemáticas. En *La evaluación compartida: investigación multidisciplinar*, F. Watts and A. García-Carbonell, (ed.) Ed. Universitat Politècnica de València, 91–107 (2006).  
<http://www.upv.es/gie/LinkedDocuments/descargar%20libro.pdf> (12/02/2013)
- [23] H. Robert, B. Stewart, D. Quinney, S. Hibberd. *Group Projects in Mathematical Courses*. Proceedings of UMTC 2002, Birmingham. 2002.
- [24] K. Selzer, T. Bentley. *The creative age*. Londres: Demos. 1999.  
<http://www.demos.co.uk/publications/creativeage> (12/12/1012)
- [25] J. Tardif. *L'évaluation des compétences. Documenter le parcours de développement*. Montréal: Chenelière Éducation. 2006.
- [26] A. Vidal, B. Roig, V. D. Estruch, F. J. Boigues. Modelizando caminos y mapas. *Actas de la XIII Conferencia Iberoamericana de Educación Matemática*. Junio 2011, Recife, Brasil 1–6. [http://www.cimm.ucr.ac.cr/ocs/index.php/xiii\\_ciaem/xiii\\_ciaem/%pa-per/view/1024/204](http://www.cimm.ucr.ac.cr/ocs/index.php/xiii_ciaem/xiii_ciaem/%pa-per/view/1024/204) (20/02/2013)
- [27] A. Villa, M. Poblete. *Aprendizaje basado en competencias*. Bilbao: Universidad de Deusto. 2007.

- [28] F. Watts, J. A. Marín-García, A. García Carbonell, L. E. Aznar-Mas. Validation of a rubric to asses innovation competence. *Working Papers on Operations Management* . **3**(1) , 61–70 (2012).