

# La competencia de sostenibilidad y compromiso social en la asignatura de álgebra lineal en los grados de ingeniería

María Isabel García Planas<sup>1</sup>

Judit Taberna Torres<sup>2</sup>

## Resumen

Los estudios de grado de ingeniería deben preparar al futuro profesional de manera que sepa abstraer y modelar la realidad de una situación determinada, de manera que sea capaz de encontrar la mejor solución tanto desde el punto de vista técnico y económico como social y que tenga en cuenta los principios del desarrollo sostenible. Es por ello que es imprescindible introducir la competencia de sostenibilidad y compromiso social en los grados de ingeniería. En este trabajo analizamos cómo a través del aprendizaje basado en proyectos es posible introducir la competencia sobre sostenibilidad y compromiso social en la asignatura de álgebra lineal de primer curso de la titulación de grado de ingeniería en tecnologías industriales.

**Palabras clave:** sostenibilidad, PBL, álgebra lineal.

## 1. Introducción

En el marco del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), el nuevo enfoque que la educación superior ha tomado, tiene su fundamento en las ideas pedagógicas que inspiraron el Informe Delors (Delors, 1996) que propugnaba una educación que desarrolle la persona desde una educación integral formada por los cuatro elementos: hacer, convivir, conocer y ser. En este contexto tienen cabida los objetivos 2030 sobre educación

---

<sup>1</sup> Profesora Titular de Universidad del Departamento de Matemáticas de la Universidad Politécnica de Cataluña. Email: [maria.isabel.garcia@upc.edu](mailto:maria.isabel.garcia@upc.edu)

<sup>2</sup> Profesora profesora asociada del Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica I de la Universidad Politécnica de Cataluña. Email: [judit.taberna@upc.edu](mailto:judit.taberna@upc.edu)

“Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos<sup>1</sup>” presentando una nueva visión de la educación que consiste en transformar las vidas mediante la educación, admitiendo el importante papel que ejerce la educación sobre el desarrollo y en el logro de los demás objetivos del desarrollo sostenible propuestos.

Desde el momento en que la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo presentara en la Asamblea General en 1987 el Informe “Nuestro Futuro Común” conocido como Informe Brundtland, la noción de desarrollo sostenible ha ido cobrando mayor interés y recibiendo mayor atención. El desarrollo sostenible se define como el desarrollo que satisface las necesidades de la generación actual sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras, (Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, 1988). Sin embargo, la no comprensión o la mala interpretación de esta definición ha retrasado la implementación de una educación para el desarrollo sostenible, eso es adoptar métodos participativos de enseñanza y aprendizaje que motiven a los alumnos y les doten de autonomía, a fin de cambiar su conducta y facilitar la adopción de medidas a favor del desarrollo sostenible en el marco de la Educación Superior.

No hay duda del papel que las universidades deben desempeñar en relación con el desarrollo sostenible, a través de la educación y el desarrollo de las competencias que contribuirán a un futuro más sostenible (Barth y Reickman, 2012). Las universidades deben actuar como agentes de cambio fomentando los principios del desarrollo sostenible dentro de sus instituciones y en la sociedad.

Con estas premisas la introducción de la evaluación por competencias se hace indispensable en el desarrollo de la Educación Superior en general y en el caso de los estudios de ingeniería en particular, para afrontar los nuevos paradigmas y retos del Tercer Milenio desde una óptica de Desarrollo Humano Integral.

En este artículo se analiza como a través del aprendizaje basado en proyectos es posible introducir la competencia sobre sostenibilidad y compromiso social en la asignatura de álgebra lineal de primer curso de la titulación de grado de ingeniería en tecnologías industriales.

---

<sup>1</sup> <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/education/>

## 2. Marco teórico y conceptual

Según la RAE, en una de sus acepciones la palabra competencia significa pericia, aptitud o idoneidad para hacer algo o intervenir en un asunto determinado.

En el ámbito de la educación, competencia se puede definir como el conjunto de conocimientos, capacidades, destrezas, aptitudes y actitudes más adecuados para alcanzar unos objetivos sociales de largo recorrido (Suárez Arroyo, 2005).

En base al informe Delors (1996), la competencia se puede entender movilizándolo el conjunto de saberes: a-el saber, es decir, disponer de un conjunto de conocimientos para realizar una tarea, b-el saber hacer es decir poseer habilidades para aplicar y utilizar los conocimientos, y c-el saber estar o saber ser que hace referencia a las actitudes y valores. En definitiva y citando a Tobón (Tobón, 2004), las competencias son procesos complejos de desempeño con idoneidad en determinados contextos, integrando diferentes saberes (saber ser, saber hacer, saber conocer y saber convivir).

La formación basada en competencias emplaza a asumir una nueva metodología que vaya más allá de la fragmentación, con el fin de acercarnos a la realidad en sus múltiples dimensiones.

Es vital la integración del desarrollo de competencias en la enseñanza superior, si bien ello requiere un trabajo previo de análisis y discusión sobre los cambios u objetivos buscados, además de la preparación de un programa de formación y capacitación para todos los involucrados.

Uno de los proyectos más importantes en la educación superior en Europa es el proyecto denominado Tuning Educational Structures in Europe, “afinar las estructuras educativas de Europa<sup>2</sup>” (González y Wagenaar 2003, Bravo Salinas, 2006). Este proyecto desarrollado por 100 universidades de los países integrantes de la Unión Europea, trata de comprender y rediseñar los currículos a partir de puntos de referencia comunes para poder compararlos, con base en el respeto a su autonomía y a su diversidad. Las líneas 1 y 2 del proyecto tratan de definir las competencias genéricas y específicas de las titulaciones, concretamente (González y Wagenaar 2003):

---

2 [www.let.rug.nl/TuningProject](http://www.let.rug.nl/TuningProject), [www.relint.deusto.ers/TuningProject/](http://www.relint.deusto.ers/TuningProject/) (González y Wagenaar 2003)

- Línea 1: definición de competencias académicas generales en todas las titulaciones (formaciones)
- Línea 2: definición de competencias específicas en cada titulación (conocimientos y destrezas)

El proyecto Tuning (González y Wagenaar 2003 pp. 59-98) distingue tres tipos de competencias genéricas a saber:

- Competencias instrumentales: capacidades cognitivas, metodológicas, tecnológicas y lingüísticas
- Competencias interpersonales: capacidades individuales tales como habilidades sociales (interacción y cooperación sociales)
- Competencias sistémicas: capacidades y habilidades relacionadas con sistemas globales (combinación de comprensión, sensibilidad y conocimientos; para ello es preciso adquirir previamente competencias instrumentales e interpersonales).

La Universidad Politécnica de Cataluña decidió implantar en sus planes de estudios de grado las competencias académicas generales siguientes<sup>3</sup>:

- Emprendimiento e innovación
- Sostenibilidad y compromiso social
- Comunicación eficaz oral y escrita
- Trabajo en equipo
- Uso solvente de los recursos de información
- Aprendizaje autónomo
- Tercera lengua

En este trabajo pretendemos analizar la introducción de la competencia Sostenibilidad y compromiso social en la asignatura de primer curso de grado de ingeniería en tecnologías industriales que se imparte en la ETSEIB-UPC.

La adquisición de esta competencia implica conocer y comprender la complejidad de los fenómenos económicos y sociales típicos de la sociedad del bienestar; capacidad para relacionar el bienestar con la globalización y la sostenibilidad; habilidad para utilizar de forma equilibrada y compatible la técnica, la tecnología, la economía y la sostenibilidad.

<sup>3</sup> [https://www.upc.edu/ice/ca/innovacio-docent/publicacions\\_ice](https://www.upc.edu/ice/ca/innovacio-docent/publicacions_ice).

### 3. Objetivos

En la versión revisada en junio de 2012 del Documento "Directrices para la Introducción de la Sostenibilidad en el Curriculum" Aprobado por el Comité Ejecutivo del Grupo de Trabajo de Calidad Ambiental y Desarrollo Sostenible de la CRUE, se afirma que "las nuevas generaciones se tienen que preparar adquiriendo competencias básicas coherentes con la sostenibilidad que les permitan ejercer una adecuada toma de decisiones durante su vida personal y profesional (CRUE 2012, p. 2)"...."Las universidades deben preparar profesionales que sean capaces de utilizar sus conocimientos, no sólo en un contexto científico, sino también para necesidades sociales y ambientales. Se trata de abordar todo el proceso educativo de una manera holística, introduciendo competencias para la sostenibilidad de forma transversal, para que el estudiante aprenda a tomar decisiones y realizar acciones desde criterios sostenibles (CRUE 2012, p. 2)".

Con estas premisas, el objetivo principal es proponer un método de enseñanza-aprendizaje que permita el logro de la competencia genérica y transversal de "Sostenibilidad y compromiso social", en el ámbito de la materia básica de álgebra lineal, en la titulación de "grado de ingeniería en tecnologías industriales", así como de un sistema que permita evaluarla de forma adecuada.

### 4. Metodología

Para desarrollar una estrategia para la competencia transversal "Sostenibilidad y compromiso social" y de acuerdo con el proyecto Tuning, se opta por una metodología activa que lleva a un cambio de paradigma, en el que se pasa de una enseñanza con un enfoque orientado a los docentes a otra con un enfoque orientado a los estudiantes. La metodología escogida es la de Aprendizaje Basado en Proyectos (PBL), que nos permite además, desarrollar otras competencias transversales como trabajo en grupo, habilidades comunicativas, aprendizaje autónomo (Taberna y García-Planas 2016).

Las capacidades genéricas que hemos de tener en cuenta para que los alumnos puedan mostrar su competencia en álgebra lineal y vinculada a otras competencias transversales son:

- Interpretación y producción de la información.
- Conocimiento de la realidad.

- Resolución de problemas.

Al igual que cualquier proceso de aprendizaje el proyecto realizado debe ser evaluado para verificar los logros adquiridos en función de los objetivos propuestos.

Para realizar una buena evaluación es necesario conocer de antemano quién evalúa (el profesor, agentes externos, el propio alumno, compañeros), qué se evalúa (criterios de evaluación y estándares de aprendizaje), cómo se evalúa (instrumentos de evaluación) y cuándo se evalúa. Esta debe ser, individualizada, integradora, cualitativa, formativa, continua y transparente.

Respecto la evaluación del proyecto, consideramos imprescindible la participación de los diferentes agentes implicados, es decir profesores y alumnos. Consideramos muy beneficiosa la autoevaluación en el que interviene activamente, y como agente principal, el estudiante y la evaluación entre iguales en el que todos los estudiantes que intervienen en una determinada actividad se evalúan a sí mismos y a sus compañeros (García-Planas et al. 2016). Estos modelos de evaluación favorecen el aprendizaje desde la reflexión y valoración del estudiante sobre sus propias fortalezas y debilidades, sobre el grado de participación de los compañeros en las actividades de tipo colaborativo y desde la colaboración con el profesor en la ordenación del proceso de enseñanza-aprendizaje (Fernández March 2010).

Las rúbricas o matrices de evaluación son tablas de doble entrada (Domínguez-García, 2014) en la que aparecen<sup>4</sup>:

- Dimensiones. Categorías que determinan los aspectos a evaluar, de acuerdo con los objetivos que se quieren alcanzar.
- Niveles de ejecución. Escalas de calificación, cualitativas o cuantitativas, normalmente de “la menos” a “la más” completa.
- Descriptores de cómo alcanzar cada categoría de evaluación y ejecución.
- Designación del peso porcentual para cada dimensión o categoría.

#### 4.1. Experimento

Los alumnos participantes del proyecto han sido los 449 matriculados en la asignatura de Álgebra lineal impartida en la Escuela Superior de Ingenieros Industriales de

<sup>4</sup><http://rubricasrodriguez.blogspot.com.es/>

Barcelona durante el primer cuatrimestre del curso académico 2016-17.

Estos alumnos han sido distribuidos en 10 grupos. Todos ellos han seguido la misma programación y han realizado el mismo proyecto. Los trabajos de todos los alumnos han sido supervisados por la coordinadora de la asignatura.

Dentro de los objetivos de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (<http://www.-un.org/sustainabledevelopment/es/>) se encuentra “garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos<sup>5</sup>”. A partir de un enfoque multidisciplinar e integral se puede hacer frente a la diversidad de problemas que conlleva la gestión del agua e intentar su resolución.

Con estas premisas y con el objetivo de concienciar desde el inicio de sus estudios y debido al carácter multidisciplinar de la problemática del agua, es posible desde el Álgebra lineal, asignatura de primer curso del grado en Ingeniería en tecnologías Industriales, desarrollar y trabajar aspectos vinculados a la gestión sostenible del agua.

Se propone a los estudiantes desarrollar el proyecto “Viabilidad a largo plazo de una posible construcción de un embalse”. Para llevar a cabo el ejercicio se incorporan técnicas de aprendizaje colaborativo para conseguir que el proyecto que constituye el núcleo central de la asignatura, se desarrolle en el marco del aprendizaje basado en proyectos (PBL).

- Objetivos Primarios:

Estudiar la viabilidad del embalse analizando

- 1) La estabilidad del embalse bajo las condiciones dadas
- 2) La sostenibilidad del embalse bajo las mismas condiciones
- 3) La estabilidad del embalse imponiendo la variación en el tiempo de la aportación de agua del río a causa del cambio climático.
- 4) La sostenibilidad del embalse imponiendo la condición anterior

- Objetivos de sensibilización:

- 1º. Hacer una valoración del beneficio social contraponiendo los beneficios a obtener por el regadío frente al conflicto social que provocan las expropiaciones y la consiguiente desubicación de los habitantes de la zona.
- 2º. Hacer una valoración del problema extrapolando el caso, a una gran presa.

---

<sup>5</sup> <https://algebralinealsostenibilitat.wordpress.com/sostenibilitat/>

## 4.2. Descripción de la actividad

Se proporciona al estudiante los siguientes datos: capacidad máxima del embalse, las cantidades requeridas para el riego y la cantidad que se debe dejar salir para el mantenimiento de los estándares de calidad de agua para otros usos, siempre y cuando el nivel de agua del embalse más la aportación semanal por el agua del río no llegue a unos mínimos que no permita la salida de agua;

El estudiante debe:

- Modelizar linealmente (mediante una ecuación matricial del tipo  $p(k+1)=Ap(k)$ ), la transición semanal de las unidades de agua probables.
- Expresar  $p(k)$  en función de  $p(0)$ .
- Partiendo de una cantidad concreta de agua embalsada, analizar la probabilidad de que en dos semanas el embalse se encuentre bajo mínimos.
- Valoración crítica del resultado dentro del contexto del trabajo.
- Averiguar de qué manera el álgebra lineal nos dará solución a la ecuación matricial planteada.
- Aplicación al caso planteado.
- Utilizar los cálculos para analizar la situación del embalse a la semana  $k=10$ .
- Estudio y análisis de la estabilidad y sostenibilidad a largo plazo.

Para facilitar la tarea del estudiante se ha creado una página web abierta<sup>4</sup> con información sobre la problemática global del agua así como recursos docentes para el estudio del álgebra lineal (ver Figura 1).

Las diferentes actividades del proyecto se hacen visibles mediante un e-portafolio que cada estudiante crea para tal fin. El profesor hace el seguimiento de esta actividad retroalimenta y evalúa con e-rúbricas, a través del sistema de gestión de aprendizaje (LMS) de ATENEA (MOODLE adaptado para la UPC).

**Figura 1. Página web del proyecto**



Fuente: <https://algebra-lineal-sostenibilitat.wordpress.com/sostenibilitat/>

## 5. Resultados

Es de constatar la valoración muy positiva recibida por parte de los estudiantes con respecto al proyecto realizado en el que se interrelacionaba las matemáticas con los conceptos de sostenibilidad y compromiso social. Los estudiantes han percibido que el Álgebra lineal es útil para resolver problemas de la vida real y que la forma de trabajar les ha ayudado a comprender la asignatura. También han valorado de forma positiva como a partir de una asignatura de matemáticas se puede reflexionar sobre problemas globales que afectan a la sostenibilidad de recursos como por ejemplo el agua.

Como evidencia de ello mostramos algunas reflexiones finales explicitadas en los portafolios de diferentes estudiantes:

“En el ámbito social, la construcción de un embalse necesita de la disponibilidad de una gran superficie o terreno, que puede comportar el desalojo de pequeñas comunidades o pueblos o la destrucción de parte de un ecosistema. Si además el embalse es deficiente, comportará un importante gasto económico, no sólo por su financiación a largo plazo, sino para su mantenimiento<sup>6</sup>”.

“El Álgebra lineal nos ha ayudado a resolver un problema que hace unos meses ni hubiéramos imaginado ser capaces de hacer ni ahora ni en un futuro próximo,..... El embalse supondría un gran éxito para la población y ayudaría a contribuir en una mejor repartición del agua<sup>5</sup>.”

Es importante acentuar que este planteamiento de la asignatura ha generado en los estudiantes un cambio de actitud respecto la misma. Los estudiantes han desarrollado su capacidad crítica y de análisis, demostrando con ello, la adquisición de la competencia transversal de la sostenibilidad y el compromiso social a la que se quería llegar con la implantación de la metodología activa del PBL.

## 6. Conclusiones

Con este trabajo hemos probado que es posible implementar la competencia “Sostenibilidad y compromiso social” dentro de una asignatura del ámbito de las matemáticas.

Para ello ha sido importante el ver como de forma transversal buscando problemas reales, que el estudiante deba modelar, es posible evaluar dicha competencia.

La mayor dificultad encontrada en la realización de esta experiencia ha sido la no implicación de algunos de los profesores que impartían la asignatura.

## Referencias bibliográficas

- Bravo Salinas, N.H. (2006). Competencias proyecto Tuning-Europa, Tuning América Latina, 1-27. Disponible en <http://www.cca.org.mx/profesores/cursos/hmfbcp>
- Carlson, D., Johnson, C.R., Lay, D.C. y Porter A.D. (1993). The linear algebra curriculum Study group recommendations for the first course in linear algebra. *The College Mathematics Journal*, 24(1), 41-46.
- CRUE. (2012). Directrices para la introduccion de la Sostenibilidad en el Curriculum. Disponible en <http://www.crue.org/Documentos>

---

<sup>6</sup> <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfXydCg9gALrovZwCdy44DWEgma3P9bFnMg2Ao2TotveW0iWA/viewform?c=0&w=1>

- Delors, J. (1996). Los cuatro pilares de la educación. En J. Delors, *La educación encierra un tesoro. Informe a la UNESCO de la Comisión internacional sobre la educación para el siglo XXI* (pp. 91-103). Madrid: Santillana/UNESCO.
- Domínguez-García, S. (2014). *Creació d'una rúbrica per avaluar la competència docent en l'ús de la Pissarra Digital Interactiva*, TFG. Universitat Rovira i Virgili.
- Domínguez-García, S., García-Planas, M.I., Palau, R., Taberna, J. (2015). *Using the e-portfolio for large groups of students Proceedings of INTED2015 Conference*, 1352- 1360.
- Fernández March, A. (2010). La evaluación orientada al aprendizaje en un modelo de formación por competencias en la educación universitaria. *Revista de Docencia Universitaria*, 8(1), 11-34.
- Galeana de la O, L. (2006). Aprendizaje basado en proyectos. *Revista electrónica Ceupromed*. Disponible en <http://ceupromed.ucol.mx/revista/PdfArt/1/27.pdf>,
- García Planas, M.I., Domínguez García, S., Taberna Torres, J. y Palau Martín, R. (2016). *Una rúbrica a través de las TIC como medio de autoevaluación de trabajos dirigidos. VIII Jornadas de redes de investigación en innovación docente*, UNED, Madrid.
- González J. y Wagenaar R. (2003). *Tuning Educational Structures in Europe*. Bilbao: Universidad de Deusto.
- Koh, J.H.L. (2013). A rubric for assessing teachers' lesson activities with respect to TPACK for meaningful learning with ICT. *Australasian Journal of Educational Technology*, 29(6), 887-900.
- Márquez, E. y Jiménez-Rodrigo, M.L. (2014). El aprendizaje por proyectos en espacios virtuales: estudio de caso de una experiencia docente universitaria. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC)*, 11(1), 76-90.
- Suárez Arroyo, B. (2005). *La formación en competencias: un desafío para la educación superior del futuro*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Taberna Torres J. y García-Planas, M.I. (2016). Enseñanza basada en proyectos: una forma alternativa para enseñar Álgebra Lineal. *Libro de Actas IN-RED 2016- II Congreso Nacional de Innovación Educativa y de Docencia en Red*, pp. 826-839.
- Tobón, S. (2004). *Formación basada en competencias. Pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica*. Colombia. Esfera Editores.

**Fecha de recepción: 22 de mayo de 2017**

**Fecha de aceptación: 31 de agosto de 2017**