

# **Aplicación del modelo de clase al revés a la enseñanza de ingeniería hidráulica**

Bermúdez Pita, María; Puertas Agudo, Jerónimo; Sánchez-Tembleque Díaz-Pache, Félix;  
Cea Gómez, Luis

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos,  
Universidad da Coruña*

## **RESUMEN**

En este trabajo se describe la nueva estrategia de enseñanza-aprendizaje que ha sido aplicada a la asignatura de Hidráulica e Hidrología I del Grado en Tecnología de la Ingeniería Civil de la Universidad de A Coruña, que está basada en el modelo de clase al revés. Los contenidos teóricos troncales que se exponían usualmente mediante clases magistrales, son trabajados de manera independiente por los estudiantes a partir los materiales digitales facilitados por los docentes. Las sesiones presenciales se reservan para trabajar los contenidos con más profundidad, en base a prácticas de laboratorio y problemas, con el apoyo de los compañeros y profesores. A partir de estos recursos, los estudiantes preparan una serie de materiales propios, organizados en grupos, y realizan una puesta en común con el resto de alumnos, que busca consolidar el aprendizaje y desarrollar competencias asociadas al trabajo colaborativo. Los primeros resultados de esta experiencia muestran un incremento en la motivación del alumnado y un enriquecimiento de la interacción entre docentes y alumnos.

**PALABRAS CLAVE:** clase al revés, enseñanza en ingeniería, aprendizaje activo.

### **CITA RECOMENDADA:**

Bermúdez Pita, M.; Puertas Agudo, J.; Sánchez-Tembleque Díaz-Pache, F.; Cea Gómez, L.(2019): Aplicación del modelo de clase al revés a la enseñanza de ingeniería hidráulica. En De la Torre Fernández, E. (ed.) (2019). *Contextos universitarios transformadores: construyendo espacios de aprendizaje. III Jornadas de Innovación Docente*. Cufie. Universidade da Coruña. A Coruña (pág. 117-130).

DOI capítulo: <https://doi.org/10.17979/spudc.9788497497121.117>

DOI libro: <https://doi.org/10.17979/spudc.9788497497121>

### **ABSTRACT**

This paper describes the new teaching-learning strategy that has been applied to the Hydraulics and Hydrology I course of the Civil Engineering Technology Degree at the University of A Coruña, which is based on the flipped classroom model. Traditional in-class lectures are replaced by self-directed study before-class, relying on online materials provided by the teachers. Classroom time is dedicated to deeper learning activities, including laboratory and problem-solving sessions, with the support of the teacher and their peers. With these resources, the students organized in groups make their own materials, which they later share and discuss with the rest of the students, aiming to consolidate their learning and develop competences associated with collaborative work. The first results of this experience show an increase in student motivation and an improvement of the teacher-student interactions.

**KEY WORDS:** flipped classroom, education in engineering, active learning

## 1. INTRODUCCIÓN

La implantación del Espacio Europeo de Educación Superior ha supuesto un cambio de paradigma educativo que ha posicionado al estudiante en el centro del proceso de aprendizaje. Esto ha originado inevitablemente una renovación metodológica en la enseñanza universitaria, favoreciendo la incorporación de lo que se conocen como metodologías activas (el aprendizaje basado en problemas, el aprendizaje cooperativo o la clase al revés, entre otros). En este tipo de metodologías, el estudiante toma un rol activo en su aprendizaje, que se concibe como un proceso constructivo en el que se desarrollan competencias tanto específicas como genéricas (González & Wagenaar, 2006). Por su parte, el docente actúa como facilitador o guía en el proceso, en lugar de tomar un rol de experto y ejercer de mero transmisor de la información.

En el caso concreto de la clase al revés o clase invertida ('flipped classroom' en inglés), la exposición de contenidos o instrucción directa se traslada fuera del aula, donde los estudiantes trabajan de manera independiente los materiales digitales facilitados por los docentes. Esto permite liberar tiempo de clase, que se invierte en tareas y actividades participativas de carácter práctico, como resolución de problemas o casos prácticos (Berrett, 2012). Desaparecen por tanto las clases magistrales, en las que se trabajan los niveles cognitivos más bajos de la taxonomía de Bloom (recordar, comprender). En el tiempo de clase se profundiza en los contenidos con actividades que trabajan los niveles cognitivos de orden superior (aplicar, analizar, evaluar, crear), y que implican por tanto la construcción de nuevo conocimiento (Marqués, 2016).

En los últimos años, este modelo ha ganado popularidad en el campo de la educación en ingeniería, ya que crea oportunidades para resolver problemas complejos de forma colaborativa, incentivado además por la proliferación de nuevas tecnologías y herramientas pedagógicas (Karabulut-Ilgu et al., 2018). Existen además numerosas evidencias de su impacto positivo en la motivación del alumnado, que está más involucrado con su propio aprendizaje (Mason et al., 2013).

## 2. LA ASIGNATURA DE HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA I

Los cambios metodológicos a los que hace referencia este trabajo han sido aplicados a la asignatura de Hidráulica e Hidrología I del Grado en Tecnología de la Ingeniería Civil de la Universidad de A Coruña. Se trata de una asignatura obligatoria de tercer curso con una carga docente de 6 créditos, en la que los estudiantes de grado tienen un primer contacto con la ingeniería hidráulica. Cada semana de curso consta de dos sesiones presenciales de 1 hora y 40 minutos de duración cada una. La asignatura se organiza en seis bloques temáticos (Figura 1). La asignatura requiere que los estudiantes apliquen una serie de conceptos teóricos para la resolución de problemas prácticos de tipo ingenieril. En la metodología seguida tradicionalmente, se realizaban sesiones de problemas con posterioridad a las clases magistrales y se proponían una serie de problemas para resolver fuera del aula de forma individual. También se realizaban una serie de sesiones prácticas en el laboratorio de hidráulica de la Escuela de Caminos, Canales y Puertos, para afianzar los conocimientos teóricos expuestos en las clases magistrales.

---

H1.- Propiedades de los fluidos e hidrostática (0h)	H2.- Ecuaciones fundamentales (8-12 h)
<ul style="list-style-type: none"><li>• Propiedades de los fluidos</li><li>• Hidrostática</li><li>• Flotación</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Concepto de caudal y definiciones previas</li><li>• Ecuación de conservación de la masa</li><li>• Ecuación de conservación de la cantidad de movimiento</li><li>• Ecuación de conservación de la energía</li><li>• Aplicación a un tubo de flujo</li></ul>
H3.- Movimiento laminar y turbulento (4-6 h)	H4.- Análisis dimensional (6-10 h)
<ul style="list-style-type: none"><li>• Movimiento laminar. Ecuación de Newton. Perfiles de velocidad.</li><li>• Experiencia de Reynolds. Número de Reynolds</li><li>• Bases del movimiento turbulento. Perfiles de velocidad</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Conceptos básicos (dimensiones, homogeneidad).</li><li>• Teorema de Buckingham.</li><li>• Ecuación fundamental de la hidráulica.</li><li>• Números adimensionales de interés en hidráulica.</li><li>• Introducción a la semejanza.</li></ul>
H5.- Flujo en presión en régimen perm. (16-24 h)	H6.- Introducción al golpe de ariete (12-16 h)
<ul style="list-style-type: none"><li>• Bases del movimiento en presión en régimen permanente.</li><li>• Disipación continua de energía. Ecuación de Darcy-Weisbach.</li><li>• Pérdidas localizadas</li><li>• Bombeos</li><li>• Válvulas automáticas</li><li>• Redes de tuberías</li><li>• Flujo cuasi no permanente</li><li>• EPANET</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Introducción general. Analogías previas.</li><li>• Descripción del fenómeno.</li><li>• Balances integrales. Acotación de las variables significativas</li><li>• Influencia del tiempo</li></ul>

---

Figura 1. Bloques temáticos en los que se estructura la asignatura.

Conjuntamente con las competencias profesionales específicas de la disciplina, la metodología y estrategia docente debe contribuir a que desarrollen las competencias generales y transversales recogidas en la Tabla 1. Además de un planteamiento metodológico acorde a estos objetivos competenciales, con esta redefinición metodológica se pretende incrementar la motivación e implicación de los estudiantes. Se busca asimismo mejorar la relación entre profesores y alumnos, partiendo del convencimiento de que una comunicación e intercambio de calidad conllevará un mayor aprendizaje mutuo, y buscando modos de relación más horizontales en el aula (Castiglione, 2018).

### **3. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA**

#### **3.1. ORGANIZACIÓN Y METODOLOGÍA DOCENTE**

La nueva estrategia de enseñanza-aprendizaje que ha sido aplicada a la asignatura está basada en el modelo pedagógico de clase al revés. El carácter eminentemente práctico de la asignatura facilita la implantación de una metodología activa de este tipo. Además, cabe señalar que existen algunos ejemplos muy recientes de su aplicación exitosa en asignaturas con contenidos similares (Wachs et al., 2018).

En cada bloque temático de la asignatura, los contenidos teóricos troncales que se exponían usualmente mediante clases magistrales, son trabajados de manera independiente por los estudiantes a partir de los materiales digitales facilitados por los docentes. Previamente a cada clase presencial, los estudiantes realizan una serie de tareas que aportan contenido para la clase, en algunos casos de forma individual y en otros en grupo. Las sesiones presenciales se reservan para trabajar los contenidos con más profundidad, en base a prácticas de laboratorio y problemas, con el apoyo de los compañeros y profesores. En la Figura 2 se muestra un esquema simplificado con las actividades realizadas antes y durante las clases.

Tabla 1. Competencias adquiridas en la asignatura y recogidas en la guía docente.

Competencias tipo A (Específicas)
<ul style="list-style-type: none"><li>- Planteamiento y resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en el ejercicio de la profesión.</li><li>- Aplicación de la mecánica de los fluidos y las ecuaciones fundamentales del flujo al cálculo de conducciones a presión y en lámina libre.</li></ul>
Competencias tipo B (Generales)
<ul style="list-style-type: none"><li>- Posesión y comprensión de los conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.</li><li>- Capacidad de aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posesión de las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.</li><li>- Capacidad de reunir e interpretar datos relevantes para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.</li><li>- Capacidad de transmisión de información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado</li><li>- Habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía</li><li>- Capacidad de resolución de problemas de forma efectiva</li><li>- Aplicación de un pensamiento crítico, lógico y creativo.</li><li>- Trabajo de forma colaborativa.</li><li>- Comprensión de la necesidad de analizar la historia para entender el presente.</li><li>- Claridad en la formulación de hipótesis</li><li>- Capacidad de autoaprendizaje.</li><li>- Capacidad para aplicar conocimientos básicos en el aprendizaje de conocimientos tecnológicos y en su puesta en práctica.</li><li>- Capacidad de realizar pruebas, ensayos y experimentos, analizando, sintetizando e interpretando los resultados.</li></ul>
Competencias tipo C (Transversales)
<ul style="list-style-type: none"><li>- Utilizar las herramientas básicas de las tecnologías de la información y las comunicaciones necesarias para el ejercicio de su profesión y para el aprendizaje a lo largo de la vida.</li><li>- Valorar críticamente el conocimiento, la tecnología y la información disponible para resolver los problemas con que deben enfrentarse.</li><li>- Asumir como profesional y ciudadano la importancia del aprendizaje a lo largo de la vida.</li><li>- Valorar la importancia que tiene la investigación, la innovación y el desarrollo tecnológico en el avance socioeconómico y cultural de la sociedad.</li></ul>

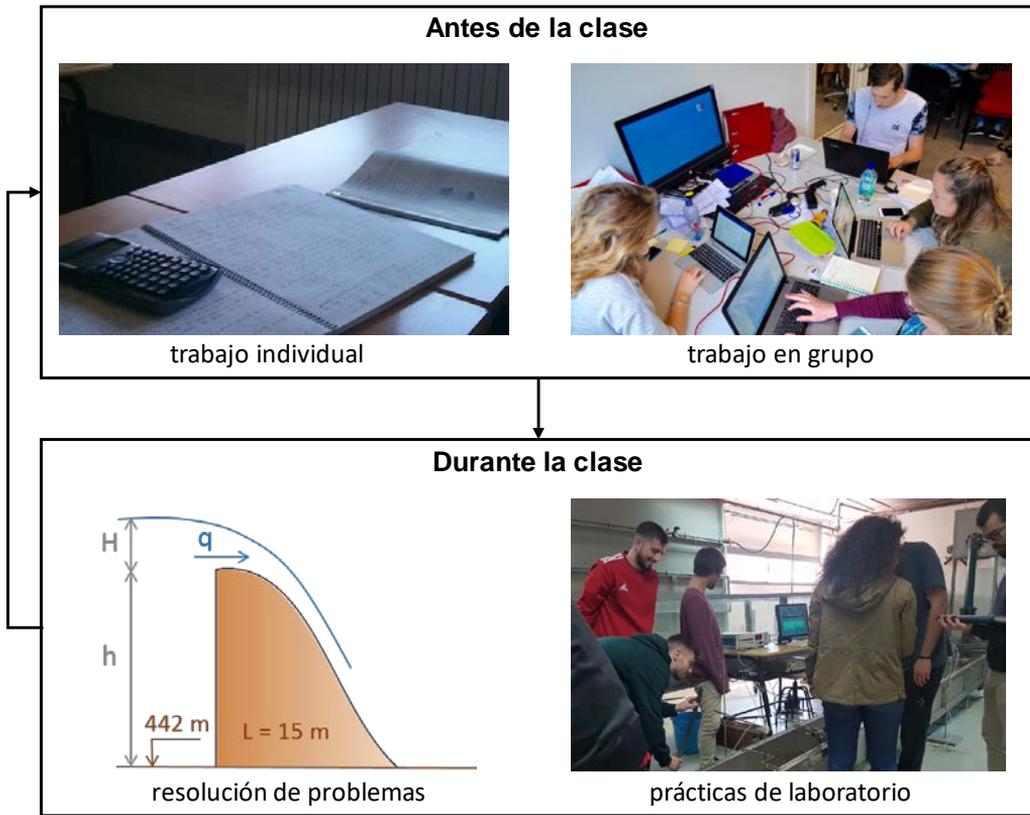


Figura 2. Esquema de las actividades realizadas en la asignatura.

En base a lo anterior, la asignatura se divide en dos partes: a) previa a la sesión presencial y b) sesión presencial. A continuación, se describen ambas partes.

### 3.2. TAREAS PREVIAS A LAS CLASES

Los docentes distribuyen el material de cada bloque temático de forma online a los estudiantes previamente a la primera clase presencial del bloque. Dicho material incluye una selección de contenidos de otros autores y materiales propios creados en el marco del Grupo de Innovación Educativa en Hidráulica Computacional y Experimental de la Universidad de A Coruña. Este contenido se remite a los alumnos a través del entorno virtual de aprendizaje Moodle.

Los estudiantes deben trabajar de forma independientemente los materiales y realizar una serie de tareas que aportarán contenido a la clase. Las tareas están descritas en los materiales facilitados en Moodle. En las primeras sesiones presenciales de cada bloque, las tareas consisten en general en la resolución de pequeñas cuestiones y problemas de forma individual. En las sesiones finales de cada bloque, las tareas son grupales (grupos de 3-4 alumnos) y abarcan tanto los recursos facilitados por los profesores como los aspectos trabajados en las clases presenciales previas. Estas tareas requieren la preparación de materiales propios, que después se pondrán en común con el resto de alumnos, como presentaciones, tutoriales o screencasts. Además de consolidar el aprendizaje, estas tareas buscan desarrollar competencias asociadas al trabajo colaborativo.

### 3.3. ACTIVIDADES DURANTE LAS CLASES

Al trasladar el estudio de los conocimientos teóricos al espacio de trabajo individual del estudiante, es posible dedicar más tiempo al trabajo activo en clase. Cada sesión de clase incluye en general las siguientes actividades:

#### (1) Presentación de las tareas previas y ronda de preguntas

Las sesiones presenciales comienzan por una puesta en común de las tareas y materiales propios creados por los estudiantes. Se busca resolver dudas, consolidar el aprendizaje y realizar una evaluación formativa del alumno (Gibbs & Simpson, 2005).

#### (2) Resolución de problemas

En la segunda parte de las clases, los estudiantes afianzan los conocimientos teóricos y los aplican a la resolución de problemas, con la ayuda de los compañeros y los profesores.

#### (3) Prácticas de laboratorio

En un gran número de sesiones presenciales se han incluido además prácticas de laboratorio. En cursos anteriores los docentes han podido comprobar su utilidad para comprender y reforzar conceptos complejos aprendidos desde un punto de vista teórico. En cada práctica se

aborda un concepto umbral (Knight et al., 2014) o se refuerza un concepto problemático de acuerdo con la experiencia previa de los docentes (Bermúdez et al., 2018).

### **3. RESULTADOS**

Al final del curso se realizó una encuesta para conocer la percepción de los estudiantes. Dicha encuesta se inspira en los trabajos de Driscoll (2012), Fisher et al. (2017), Martín y Santiago (2016) y McLaughlin et al. (2014). Consta de 19 preguntas, que los estudiantes califican en una escala de tipo Likert de 5 puntos (1= totalmente en desacuerdo, 5= totalmente de acuerdo). Las preguntas se agrupan para su análisis en tres categorías: participación de los estudiantes, motivación y satisfacción de los estudiantes y resultados de aprendizaje (Tabla 2).

Los estudiantes coinciden en que el aprendizaje con este método es más activo y experiencial (media=4.5), y requiere una mayor inversión de tiempo que una metodología tradicional (media=4.1). Todos señalan asimismo que las interacciones con el profesor durante la clase son más frecuentes y positivas (media=4.1). El enriquecimiento de la interacción entre docentes y alumnos también ha sido corroborado por los propios profesores de la asignatura. En lo que se refiere a la participación, destaca también el seguimiento de las puntuaciones obtenidas en las distintas actividades (media=4.2). La afirmación del cuestionario con la que los estudiantes indican un menor grado de acuerdo es la relativa a las posibilidades de trabajar a su propio ritmo (media=2.9). Creemos que esto puede atribuirse a que los estudiantes deben trabajar unos materiales concretos en unas fechas determinadas, marcadas por el propio calendario académico y el horario de clases, para poder realizar las actividades previas a cada clase.

Por otra parte, los resultados del cuestionario muestran un incremento en la motivación del alumnado (Tabla 2). La mayoría de los estudiantes indican que han tenido una experiencia de aprendizaje agradable (media=3.9) y que han estado motivados para realizar las actividades del curso (media=4.0).

En relación con los resultados del aprendizaje, la evaluación realizada por los propios estudiantes arroja un resultado satisfactorio (media=3.8).

Tabla 2. Preguntas y resultados del cuestionario de valoración y percepción.

<b>Pregunta</b>	<b>Media</b>
<b>Categoría: participación de los estudiantes</b>	<b>3.9</b>
La inversión en tiempo es mayor que con una metodología “tradicional” (clases magistrales del profesor en lugar de trabajos activos y grupales en clases)	4.1
Mis interacciones con el profesor durante la clase son más frecuentes y positivas	4.1
Mis interacciones con mis compañeros durante la clase son más positivas	3.6
Dispongo de mejor acceso a los materiales y contenidos de aprendizaje	3.5
Tengo más posibilidades de trabajar a mi propio ritmo	2.9
Veó más posibilidades para mostrar, al profesor o a mis compañeros, lo que he aprendido	4.0
Participo más en la toma de decisiones al colaborar con otros compañeros	3.7
Tengo más posibilidades de participar en la resolución de problemas y desarrollar mi pensamiento crítico	4.1
Creo que el aprendizaje es más activo y experiencial	4.5
He trabajado los materiales del curso suministrados por Moodle antes de las clases	3.9
He comprobado regularmente las puntuaciones obtenidas en las distintas actividades de la asignatura	4.2
<b>Categoría: Motivación y satisfacción de los estudiantes</b>	<b>3.9</b>
He estado motivado para hacer las actividades del curso	4.0
He logrado una buena comprensión de los materiales del curso	4.0
Las tareas previas a las clases me han permitido mejorar el aprendizaje en clase	3.7
He tenido una experiencia de aprendizaje agradable	3.9
En general esta metodología me ha gustado más que la “tradicional” (clase magistral del profesor en lugar de trabajos activos y grupales en clases)	3.9
<b>Categoría: resultados de aprendizaje</b>	<b>3.8</b>
Tras cursar la asignatura, entiendo cómo se aplica la mecánica de fluidos al cálculo de conducciones a presión y el tipo de problemas que pueden plantearse en el ejercicio de la profesión	3.7
Creo que he mejorado mi proceso de aprendizaje	3.7
Creo que mis resultados de aprendizaje se han incrementado	3.8

#### 4. CONCLUSIONES

En este trabajo se presenta la nueva metodología docente implantada en la asignatura de Hidráulica e Hidrología I del Grado en Tecnología de la Ingeniería Civil de la Universidad de A Coruña, basada en el modelo pedagógico de clase al revés. Aunque la experiencia ha sido llevada a cabo por el momento únicamente en un curso académico y con un grupo reducido de estudiantes, los resultados presentados son en general acordes con las investigaciones realizadas sobre dicho modelo, entre los que destacan:

- (1) Mayor participación de los estudiantes, con más interacciones y de mayor calidad con los profesores
- (2) Mayor motivación por el aprendizaje y percepción de una experiencia más agradable frente al modelo de clase 'tradicional'.

De cara al próximo curso académico, se está trabajando en la coordinación de la carga de trabajo con otras asignaturas, ya que la mayor parte de los estudiantes han indicado que esta metodología requiere una considerable inversión de tiempo. Asimismo, se está revisando la programación de actividades para flexibilizar en la medida de lo posible las fechas de puesta en común en clase de las mismas, facilitando así que los estudiantes puedan trabajar a su propio ritmo.

#### 5. REFERENCIAS

- Bermúdez, M., Cea, L., Puertas, J. & Pena, L. (2018). Laboratorio virtual para la adquisición de conceptos umbrales en ingeniería hidráulica. En: De la Torre Fernández, E. (Ed.) *Contextos universitarios transformadores: retos e ideas innovadoras*. II Xornadas de Innovación Docente. Cufie. Universidade da Coruña.
- Berrett, D. (2012). How 'Flipping' the Classroom Can Improve the Traditional Lecture. *Education Digest: Essential Readings Condensed for Quick Review*, 78(1), pp. 36-41.
- Castiglione, V. (2018). Students as partners or students as the other? Disponible en: <https://wonkhe.com/blogs/students-as-partners-or-students-as-the-other/>

- Driscoll, T. F. (2012). *Flipped Learning and democratic education*. Graduate Thesis, Teachers College, Columbia University.
- Fisher, R., Ross, B., LaFerriere, R. & Maritz, A. (2017). Flipped Learning, Flipped Satisfaction, Getting the Balance Right. *Teaching & Learning Inquiry*, 5(2), pp. 114-127.
- Gibbs, G. & Simpson, C. (2005). Conditions Under Which Assessment Supports Students' Learning. *Learning and Teaching in Higher Education*, 1, pp. 3-31.
- González J. & Wagenaar R., eds. (2006). Tuning Educational Structures in Europe II. La contribución de las universidades al Proceso de Bolonia. Bilbao/Groningen: University of Deusto Press, 385 p.
- Karabulut-Ilgu, A., Jaramillo Cherez, N. & Jahren, C.T. (2018). A systematic review of research on the flipped learning method in engineering education. *British Journal of Educational Technology*, 49(3), pp. 398-411.
- Knight, D.B., Callaghan, D. P., Baldock, T. E. & Meyer, J. H. F. (2014). Identifying threshold concepts: case study of an open catchment hydraulics course. *European Journal of Engineering Education*, 39(2), pp.125–142.
- Marqués, M. (2016). Qué hay detrás de la clase al revés (flipped classroom). *Revista de Investigación en Docencia Universitaria de la Informática (ReVisión)*, 3 (9), pp. 11-18.
- Martín, D. & Santiago, R. (2016). Flipped Learning en la Formación del Profesorado de Secundaria y Bachillerato. Formación para el Cambio. *Contextos Educativos*, Extraordinario 1, pp. 117-134.
- Mason, G. S., Shuman, T. R. & Cook, K. E. (2013). Comparing the Effectiveness of an Inverted Classroom to a Traditional Classroom in an Upper-Division Engineering Course. *IEEE Transactions on Education*, 56(4), pp. 430-435.
- McLaughlin, J.E., Roth, M.T., Glatt, D.M., Gharkholonarehe, N., Davidson, C.A., Griffin, L.M. & Mumper, R.J. (2014). The Flipped Classroom: A Course Redesign to Foster Learning and Engagement in a Health Professions School. *Academic Medicine*, 89(2), pp. 236-243.

Wachs, F., Fuqua, J., Nissenson, P., Shih, A., Ramirez, M., DaSilva, L., Nguyen, N. & Romero, C. (2018). Successfully Flipping a Fluid Mechanics Course Using Video Tutorials and Active Learning Strategies: Implementation and Assessment. *Proceedings of the 2018 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*, Salt Lake City, UT.

