



Flipped Teaching en Física del Grado en Ingeniería de Sistemas de Telecomunicación, Sonido e Imagen: primeros resultados.

Jesús Alba Fernández^a, Constantino Torregrosa Cabanilles^b, Anna Vidal Meló^c y Romina del Rey Tormos^d

^ajesalba@fis.upv.es, ^bctorregr@fis.upv.es, ^cavidal@mat.upv.es, ^droderey@upvnet.upv.es

Grup d'Innovació Educativa i recerca en Matèries Científiques (GIERMAC)

EPSG. Escola Politècnica Superior de Gandía. Departament de Física Aplicada i Departament de Matemàtica Aplicada. EPSA. Escola Politècnica Superior d'Alcoi. Departament de Física Aplicada.

Abstract

The “Group of Educational Innovation and Research in Scientific Fields (GIERMAC)” has been given the Project in Researching and Educational Improvement (PIME-UPV) project “Study on the application of the Flip Teaching in Mathematics and Physics subjects” in October 2015. The work here presented describes a first complete experience made with Physics students of the Engineering Degree in Telecommunication Systems, Sound and Image (GISTSI) during November and December 2015. The students in this experience present voluntary to this strategy and are compensated with additional points for the effort. The experience is focused in thermodynamics issues so it could be exported to subjects of other degrees that teach them.

Keywords: *Flipped Teaching, class reverse, physics, thermodynamics, project-based learning.*

Resumen

Al “Grup d’Innovació Educativa i Recerca en Matèries Científiques (GIERMAC)”, se le ha concedido en octubre de 2015 el proyecto PIME-UPV, “Estudio sobre la aplicación del Flip Teaching en asignaturas de Matemáticas y Física”. El trabajo que se presenta relata una primera experiencia completa realizada con los alumnos de Física del Grado en Ingeniería de Sistemas de Telecomunicación, Sonido e Imagen (GISTSI) durante los meses de noviembre y diciembre de 2015. En esta experiencia los alumnos se presentan de forma voluntaria a esta estrategia y son compensados con puntos adicionales por el esfuerzo. La experiencia está centrada en temas de termodinámica, por lo que será exportable a asignaturas de otras titulaciones que la impartan.



Palabras clave: *Flipped Teaching, clase inversa, Física, Termodinámica, Aprendizaje basado en proyectos*

1. Introducción

Flip Teaching o Clase Inversa plantea darle la vuelta a la enseñanza clásica. Una de los efectos más visibles es la desaparición de la clase magistral, es decir, el alumno no recibe la tradicional clase de pizarra y/o transparencias de materias concretas. Esto se supone que ya lo hará el alumno fuera del aula y con el material que se le prepare tendrá suficiente información y documentación para prepararse él solo. Con esta filosofía, el alumno vendrá con la parte teórica trabajada en casa, y da más margen para trabajar de un modo práctico en las aulas y laboratorios especializados (Bergamm, 2005; Lage, 2000; Talbert, 2012^a; Talbert, 2012^b; Moravec, 2010; Gannod, 2008; Talbert 2014). Es una técnica que actualmente parece que se está apoyando desde la Universitat Politècnica de València que cuenta con abundantes referencias.

En octubre de 2015 se le ha concedido en octubre de 2015 el proyecto PIME-UPV, “Estudio sobre la aplicación del Flip Teaching en asignaturas de Matemáticas y Física” al “Grup d’Innovació Educativa i Recerca en Matèries Científiques (GIERMAC)”. El trabajo que se presenta relata una primera experiencia completa realizada con los alumnos de Física del Grado en Ingeniería de Sistemas de Telecomunicación, Sonido e Imagen (GISTI) durante los meses de noviembre y diciembre de 2015.

Dentro del proyecto PIME-UPV citado es están preparando una serie de fichas de recursos con la siguiente información:

1. Datos Básicos de la Asignatura a la que se aplicará: Asignatura o asignaturas a las que afecta y ámbito
2. Tema-Sección: Qué temas/materiales son los que se trabajan con esta metodología
3. Objetivo de Aprendizaje: al finalizar la actividad FLIP, qué será capaz el alumnado.
4. Actividad Flip: qué tipo de metodologías se deciden, programación, etc.
5. Recursos y Descripción: de qué materiales van a disponer los alumnos
6. Evaluación: que áctos evaluativos se consideran

En el caso concreto de Física, se aplica durante los meses de noviembre y diciembre de 2015, esta metodología a temas de Termodinámica (Serway y Jewett, 2005 ; Serway y Jewett, 2008 ; Tipler, 1992 ; Tipler, 1994). Para ello se prepara la ficha correspondiente, y se desarrolla una metodología basada en PBLs de carácter voluntario como en (Alba et al, 2015a; Alba et al, 2015b) y cuya evaluación supone un premio adicional al alumno. El alumno que de forma voluntaria se acoja a esta metodología puede subir 20 puntos sobre 400 de su nota.

2. Objetivos

El objetivo principal es la puesta en marcha de la metodología de clase inversa en la asignatura FÍSICA del Grado en Ingeniería de Sistemas de Telecomunicaciones, Sonido e

Imagen (GISTSI). Es conocido que la enseñanza más clásica en esta asignatura produce cierta desmotivación en los alumnos, por lo que resulta conveniente pensar en iniciativas que corrijan este problema. Para ello se prepara una ficha de actuación y recursos que forma parte del proyecto PIME-UPV citado.

La asignatura FÍSICA es una asignatura anual fundamental de primer curso. En el primer semestre se tratan las siguientes unidades didácticas:

1. Leyes del movimiento
2. Energía
3. Momento
4. Oscilaciones
5. Ondas
6. Temperatura y calor
7. La segunda ley

Estos siete bloques temáticos deben impartirse en 15 semanas de clase en el primer semestre. Además realizan 3 prácticas de 2 horas durante el dicho semestre. Por tanto, el alumno tiene 45 horas presenciales en el citado semestre y 67,5 no presenciales realizando el cómputo de horas según créditos.

En el caso que nos ocupa se decide trabajar con las unidades temáticas “6. Temperatura y Calor” y “7. La Segunda Ley”. Para ponerla en práctica se propone una metodología basada en PBLs de termodinámica, ya que parece que el PBL es recomendable en grados de ingeniería (Aparicio et al, 2005 ; Case y Light 2011 ; Calvo et al, 2010 ; De Miguel, 2006).

Se plantean los siguientes objetivos de aprendizaje. El alumno al finalizar la actividad FLIP debe ser capaz de:

- Explicar las diferencias entre calor y temperatura
- Explicar las diferentes escalas termométricas y tipos de termómetros
- Formular con expresiones matemáticas con los efectos del calor
- Identificar la primera Ley de la Termodinámica
- Formular la transmisión de energía a través de la conducción, convección y radiación.
- Explicar el concepto de máquina térmica
- Identificar los ciclos conocidos (Carnot y Otto)
- Identificar y formular la segunda ley de la termodinámica

3. Desarrollo de la Innovación

Como se ha comentado, se plantea la actividad flip en base a PBLs de los dos temas de termodinámica de la asignatura Física. Los recursos de partida de la actividad flip son los siguientes:

- Transparencias resumen de los temas 6 “Calor y temperatura” y 7 “La segunda Ley”.

- Boletín de problemas de los dos temas
- Memoria de práctica sobre los dos temas “interpretación estadística de la entropía”
- Videos de trabajos realizados
- Páginas web con trabajos y experimentos resueltos

A los alumnos se les ofrece un PBL base documentado, pero pueden elegir temas alternativos bajo la supervisión de los profesores. La descripción de PBL básico es la siguiente:

TITULO DEL PROYECTO: Fabricación y calibración de un termómetro casero.

ENUNCIADO: Diseñar y fabricar un termómetro casero con cierta calibración. Debe permitir ciertos rangos de temperatura. Debe aportarse como mínimo un poster en A3 (cambiable por video o similar).

PREGUNTA MOTRIZ ¿Todos los termómetros son de mercurio?

Alternativamente los alumnos, como se verá en resultados, también proponen otros temas relacionados:

- Fabricación y calibración de un aire acondicionado casero:
- Barco de vapor
- Pajarito bebedor
- Central térmica en miniatura
- Horno solar
- Fabricación de un coche a vapor

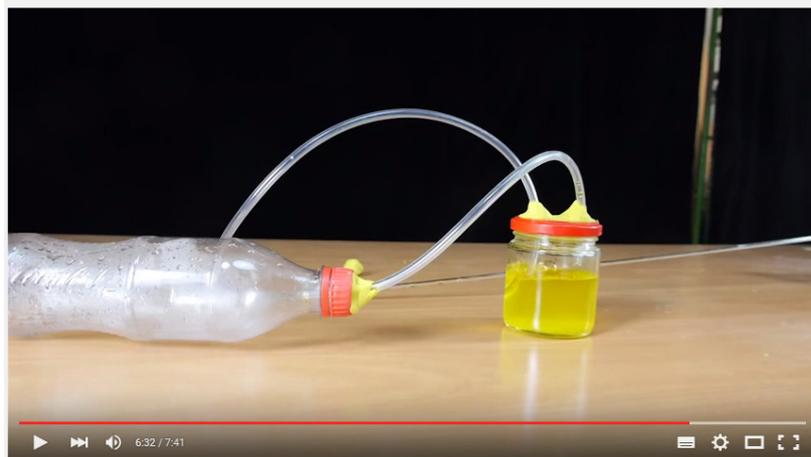
En la descripción del PBL básico se recomiendan los siguientes videos de construcción de termómetros:

<https://www.youtube.com/watch?v=zi2T29LSjnc>



como hacer un termómetro casero

<https://www.youtube.com/watch?v=I2TY1ueT-ms>



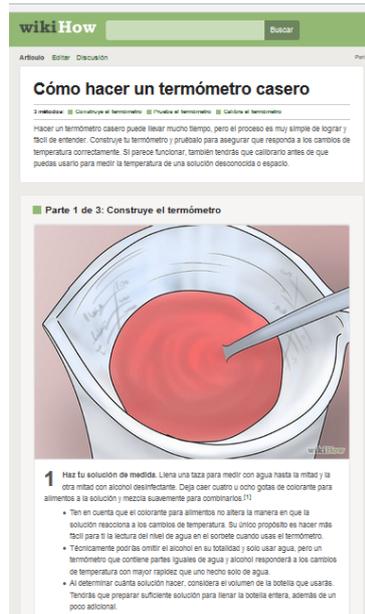
Un Termómetro en una Botella.

https://www.youtube.com/watch?v=1rwYG_Y7bhY



Además, la siguiente página explica el termómetro paso a paso:

<http://es.wikihow.com/hacer-un-term%C3%B3metro-casero>



Se realiza una planificación de cuatro semanas según la tabla 1.

Tabla 1. PLANIFICACION del PBL

	SEMANA	TAREAS
Semana 1	30/11/15 - 04/12/15	Búsqueda de información. Lectura de materiales. Entrega de hoja firmada
Semana 2	07/12/15 - 11/12/15	Trabajo en grupo. Entregable 1.
Semana 3	14/12/15 - 18/12/15	Trabajo en grupo. Avance de borrador de poster o similar. Problema de clase 3.
Semana 4	21/12/15- 22/12/15	Presentación. Concurso de termómetros

- Entregable 1. 11/12/15. Entrega de la descripción del posible prototipo y materiales a utilizar. Previsión de cálculos teóricos del prototipo.
- POSTER. 15/12/15. Avance del póster o similar
- Problema 3. 21/12/15. Problema de clase 3 y test 3. Avance del póster o similar
- Presentación. 22/12/15. Todos los miembros del grupo presentan su prototipo en clase. Se realizará un concurso al mejor termómetro casero con un baremo. Para la presentación los alumnos deben introducir algo de teoría del proyecto.

Todos los entregables y la presentación son de grupo.

Varios grupos de alumnos decidieron trabajar otros proyectos distintos. A continuación se muestran títulos y enlaces con los videos de referencia iniciales. Otros proyectos trabajados por los alumnos:

- Fabricación y calibración de un aire acondicionado casero:

https://www.youtube.com/watch?v=9Bl6ZXsXa_Q



- Barco de vapor: <https://youtu.be/nBLLAWKZ-6Q>



- Pajarito bebedor: <https://youtu.be/YDw0Ege4cEo>



- Central térmica en miniatura: <https://youtu.be/4BYcdzwd78>



- Horno solar: <https://www.youtube.com/watch?v=NcxEjLq0t44>



- Fabricación de un coche a vapor: <https://youtu.be/SKGHiCz-bgk>



Respecto a la evaluación. La asignatura Física se evalúa sobre 400 puntos (400 puntos se corresponde con el 10) con diferentes actos evaluativos que van acumulando puntos. Como la actividad se pone en práctica en octubre, cuando la guía docente de la asignatura ya hace semanas que se cerró, se decide valorar con 20 puntos (sobre 400 puntos) el PBL en tres partes: el entregable 1, el poster o similar y la presentación. Para la presentación se prepara rúbrica de profesores y alumnos. Estos 20 puntos se añaden a los 400 puntos y son voluntarios. En otros actos evaluativos (parcial de enero) los temas de termodinámica también se evalúan en preguntas tipo test.

En la tabla 2 se muestra la rúbrica que rellenan los alumnos, con las definiciones. En la tabla 3, la tabla-guión para valorar los grupos. En la tabla 4, la rúbrica de profesores y en la tabla 5, la tabla-guión global.

Tabla 2. Rúbrica de alumnos

Competencias	Nivel de desempeño			
	Excelente (4)	Bueno (3)	Regular (2)	Malo (1)
1) Diseño y aplicación correcta de las tecnologías y principios ingenieriles asociados				
1.1) Es capaz de diseñar el equipo	Supera las expectativas iniciales	Equipo diseñado correctamente	Pequeños errores en el diseño	Errores mayores en el diseño
1.2) Aplicación de criterios ingenieriles	Aplicación de los criterios superior a lo esperado	Buena capacidad en la aplicación de los criterios	Mínima capacidad	Incapacidad de aplicar los criterios
2) Aplicación de restricciones económicas y de métodos de optimización para llegar a la mejor solución en un problema complejo				
2.1) Define los objetivos y las variables de decisión	Nivel excepcional de desempeño	Nivel correcto en la definición de objetivos y variables de decisión	Definición pobre de los objetivos y las variables de decisión	Nivel deficiente en la definición de objetivos y variables de decisión
3) Resolución de un problema complejo mediante su descomposición en actividades más sencillas que lo forman				

3.1) Reconoce problemas más sencillos integrados en el problema global	Capacidad superior para reconocer los componentes del problema global	Buena capacidad para descomponer un problema en sus partes	Poca capacidad para descomponer los componentes del problema	Incapacidad para reconocer los componentes del problema
4) Suficiencia en la comunicación oral y escrita de sus ideas y trabajos realizados				
4.1) Mecánica de la presentación	Confiado y claridad en la exposición	Buena presentación	Algo nervioso, actitud ligeramente insegura	Muy nervioso e inseguro
4.2) Respuestas	Respuestas correctas y con matices	Respuestas correctas	Alguna respuesta es incorrecta	No responde o con evasivas
4.3) Póster/material de presentación	Expone el objetivo, desarrollo y conclusiones finales con gran eficacia	Expone el objetivo, desarrollo y/o conclusiones finales	Expone sólo alguna parte del proyecto	Poco adecuado o no refleja realmente el proyecto

Tabla 3. Tabla de contestación de rúbrica de alumnos

Competencias (1-Malo a 4-Excelente)	G 1	G 2	G 3	G 4	G 5	G 6	G 7	G 8	G 9	G10
1.1) Es capaz de diseñar el equipo										
1.2) Aplicación de criterios ingenieriles										
2.1) Define los objetivos y las variables de decisión										
3.1) Reconoce problemas más sencillos integrados en el problema global										
4.1) Mecánica de la presentación										
4.2) Respuestas										
4.3) Póster/material de presentación										
NOTA GLOBAL PROPUESTA (0 A 10)										

Tabla 4. Rúbrica de profesores

Criterios	EXCELENTE (100%)	BIEN (75%)	REGULAR (50%)	MAL (25%)
Presentación de la actividad	Se ha explicado correctamente y con detalle los pasos a seguir de la actividad.	Se ha explicado la actividad a grandes rasgos.	Se ha explicado la actividad de manera escueta y omitiendo ciertas informaciones.	No se ha explicado la actividad con la suficiente claridad para su correcta realización
Presentación oral	Explicación clara y concisa de la tarea a llevar a	Explicación de la actividad correcta aunque	Explicación de la actividad con omisión	Explicación superficial insuficiente de la

	cabo.	sin entrar en detalles.	información necesaria para llevar a cabo la misma.	actividad a realizar.
Proceso de trabajo	El alumno ha seguido correcta y ordenadamente los pasos fijados con anterioridad.	El alumno ha seguido los pasos propuestos aunque no de manera ordenada.	El alumno ha realizado parcialmente el proceso propuesto con anterioridad.	El alumno ha omitido la mayoría de los pasos propuestos en la actividad.
Valoración general de los contenidos y objetivos adquiridos	El alumno ha alcanzado todos los contenidos y objetivos propuestos.	El alumno ha alcanzado la mayoría de los contenidos y objetivos propuestos.	El alumno ha alcanzado los objetivos y contenidos propuestos parcialmente.	El alumno apenas ha alcanzado los contenidos y objetivos propuestos.

Tabla 5. Tabla de contestación global a la rúbrica de profesores.

Competencias (1-Malo a 4-Excelente)	G 1	G 2	G 3	G 4	G 5	G 6	G 7	G 8	G 9	G 10
Presentación de la actividad (Póster/materiales)										
Presentación oral										
Proceso de trabajo										
Valoración general de los contenidos y objetivos adquiridos)										
NOTA GLOBAL PROPUESTA (0 A 10)										

4. Resultados

En el curso 2015-2016 se han acogido a esta primera experiencia en base a PBLs 33 alumnos de 53 (era voluntario), en equipos de 3 o 4 alumnos. Como curiosidad, la mayoría de repetidores de la asignatura no han realizado la actividad. Respecto a la planificación, se ha seguido bastante bien la tabla 1, aunque la semana 2 (con días festivos) no todos los grupos han cumplido y la han entregado la semana 3. A continuación se pueden ver algunas fotografías de las presentaciones de los alumnos (termómetros), prototipo de barco a vapor, coches a vapor, drinking bird y una central termoeléctrica. También se dispone de varios videos.



Respecto a las notas, todas entre 16 y 20 puntos sobre 20, de un total de 400 puntos de la evaluación de la asignatura, obtenidas combinando las rúbricas de alumnos y profesores.

5. Conclusiones

Se realiza una reflexión sobre fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades.

Las fortalezas son las siguientes:

- Se reactiva la asistencia a clase. La experiencia muestra un aumento claro de la asistencia.
- La elección de múltiples posibilidades refuerza la confianza del alumno.
- Se potencia el trabajo en grupo y la comunicación oral efectiva
- Los mismos alumnos pueden crear materiales para usar en cursos siguientes
- Se aumenta la motivación del alumnado

Las debilidades iniciales:

- La carga de trabajo de alumnos y profesores es mucho mayor. Se calcula que se ha triplicado el número de horas de faena en el último mes. Prácticamente todos los días quedas con los alumnos. Si tienes más asignaturas por semestre para impartir, esto se complica.
- El ritmo de los trabajos no es fluido. Viene afectado por festivos y sobre todo por interferencias de otras asignaturas con evaluaciones clásicas.
- Las rúbricas de evaluación son de difícil comprensión para el alumno. Deben revisarse.
- Hay que filtrar contenidos erróneos o con otros problemas que están en la red, pero que pueden confundir más que ayudar.

Las amenazas son las siguientes:

- No existe una apuesta real por este tipo de metodologías por parte de la universidad, aunque el mensaje sea el contrario. Un ejemplo claro: para el curso 2016-2017 se reducen los grupos de prácticas de la asignatura. Al mismo tiempo que se nos anima a realizar este tipo de iniciativas, nos recortan los recursos para realizarlas.
- Hay que limitar los proyectos puesto que algunos pueden tener riesgos.
- Los alumnos pueden llegar a pensar que no se ha impartido el tema correspondiente.

Existe una oportunidad clara de centrar el tiempo de aula en cuestiones más prácticas, pero la actual manera de asignar la carga docente no contempla este tipo de iniciativas, más bien las penaliza.

Respecto a cambios concretos para el próximo curso, lo prioritario es la revisión de rúbricas de alumnos y valorar si pueden incorporarse otras competencias transversales (UPV, 2016 ; Villa y Poblete 2007) a nivel de dominio 1, como trabajo en grupo o comunicación oral efectiva.

6. Referencias

ALBA J., DEL REY, R., VIDAL A., ROIG B. (2015a) Aprendizaje Basado en Proyectos en el Grado en Ingeniería de Sistemas de Telecomunicaciones, Sonido e Imagen. Caso práctico del electroscópio como experiencia interdisciplinar entre Física y Matemáticas. 23

Congreso Universitario de Innovación Educativa de las Enseñanzas Técnicas (XXIII CUIEET). Valencia 15-17 de julio de 2015.

ALBA J., TORREGROSA C., DEL REY R. (2015b) Aprendizaje basado en proyectos: Primera experiencia en la asignatura de Física del Grado en Ingeniería de Telecomunicación, Sonido e Imagen. Universitat Politècnica de València *Congreso IN-RED (2015)*

APARICIO, F., GONZALEZ, R. M. Y SOBREVILA, M. A. (2005). Formación de Ingenieros. Objetivos, métodos y estrategias. Instituto de Ciencias de la Educación, UPM.

BERGMANN, J., SAMS, A. (2015). Dale la vuelta a tu clase: Lleva tu clase a cada estudiante, en cualquier momento y cualquier lugar. SM.

CASE, J. M. Y LIGHT, G. (2011). Emerging Methodologies in Engineering Education Research. *Journal of Engineering Education*, 100 (1), 186–210.

CALVO, I., LOPEZ-GUEDE, J.M. Y ZULUETA, E. (2010). Aplicando la metodología Project Based Learning en la docencia de Ingeniería Técnica en Informática de Gestión, *Revista de Formación e Innovación Educativa Universitaria*. Vol. 3, Nº 4, 166-181

DE MIGUEL, M. (2006). Modalidades de Enseñanza centradas en el desarrollo de competencias. Universidad de Oviedo.

GANNOD, G., BURGE, J., HELMICK, M. (2008). “Using the inverted classroom to teach software engineering” en *Proceedings of the International Conference on Software Engineering (ICSE)*. Leipzig, Germany. p. 10-18

LAGE, M.J., PLATT, G.J., TREGLIA, M. (2000). “Inverting the classroom: A gateway to creating an inclusive learning environment” en *The Journal of Economic Education*, vol. 31, issue 1, p. 30-43

MORAVECD, M., WILLIAMS, A., AGUILAR-ROCA, N., O'DOWD, D.K. (2010). “Learn before lecture: a strategy that improves learning outcomes in a large introductory biology class” en *CBE Life Sci Educ*, vol. 9, p. 473-481

SERWAY, R. A. Y JEWETT, J. W. (2005). Física para ciencias e ingeniería. Volumen I. México D.F. International Thomson, 6ª ed.

SERWAY, R. A. Y JEWETT, J. W. (2008). Física para ciencias e ingenierías. Volumen II. México D.F. : Cengage Learning.

TALBERT, R. (2012a). “Learning MATLAB in the Inverted classroom” en *Proceedings of the ASEE Annual Conference*. San Antonio, Texas. 25.883.1-25.883

TALBERT, R. (2012b). “Inverted Classroom” en *Colleagues*, vol. 9, issue 1, article 7

TALBERT, R. (2014). “Inverting the Linear Algebra Classroom” en *PRIMUS (Problems, Resources, and Issues in Mathematics Undergraduate Studies)*, vol. 24, issue 5, p. 361-374

TIPLER, P. A. (1992) Física Tomo 1. Barcelona etc. : Reverté

TIPLER, P. A. (1994) Física Tomo 2. Barcelona etc. : Reverté

UPV, UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALENCIA. Competencias transversales UPV <<http://competenciast.webs.upv.es/>> [Consulta: 2 de abril de 2016]

VILLA, A. Y POBLETE, M. (2007): Aprendizaje basado en competencias. Una propuesta para la evaluación de las competencias genéricas. Ediciones Mensajero. Bilbao.