

Towards the Creation of a Flipped Classroom for Computer Architecture

Martín Llamas-Nistal, Fernando A. Mikic-Fonte, Juan M. Santos-Gago and Luis M. Álvarez-Sabucedo
Universidade de Vigo, España, {martin, mikic, jsgago, lsabucedo}@gist.uvigo.es

Abstract— Audiovisual materials are gaining momentum on their usage for educational purposes. These materials are also the enablers for flipping the teaching process: explaining with videos at home, and doing in class exercises and problems. This article shows the proposal of a flipped classroom for the subject Computer Architecture in a degree of Telecommunication Engineering Technology at the University of Vigo (Spain). This model is based on previous experiences at recording classes and partial flipped classes using some of them. The steps performed and the particular characteristics of the proposal are deeply described. The experience gained in the realization of this proposal can be applied to other subjects.

Keywords— Flipped learning; recorded lectures; flipped classroom.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2016.1.1.042>

ISBN: 978-0-9822896-9-3

ISSN: 2414-6390

Hacia la creación de una clase inversa de Arquitectura de Ordenadores

Martín Llamas Nistal, Fernando A. Mikic Fonte, Juan M. Santos Gago y Luis M. Álvarez Sabucedo
Universidade de Vigo, España, {martin, mikic, jsgago, lsabucedo}@gist.uvigo.es

Abstract— Los materiales audiovisuales se están usando cada vez más en la docencia. Estos materiales a su vez son la base que permite invertir la clase: explicar en vídeos en casa lo que antes se explicaba en clase, y hacer en clase lo que antes el estudiante hacía en casa, que básicamente eran ejercicios y problemas. El presente artículo muestra la propuesta de una clase inversa de Arquitectura de Ordenadores de un grado de Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación en la Universidad de Vigo (España), partiendo de experiencias previas de grabación de clases e inversión parcial de alguna de ellas. Se describen los pasos seguidos y las características particulares de esta propuesta. La experiencia en la realización de esta propuesta puede ser aplicada a otras asignaturas.

Keywords— Flipped learning; recorded lectures; flipped classroom.

I. INTRODUCCIÓN

Los materiales audiovisuales, y en concreto vídeos y clases grabadas, están incrementando su uso para la docencia en los últimos años. En un estudio realizado en el año 2011 sobre miembros de todo el mundo de la IEEE-ES (IEEE-Education Society) [1], respondieron 146 profesores de 42 países, en donde preguntados sobre el nivel de uso de *vodcasts* y videoconferencias respondieron con 0.99 y 1.53 respectivamente, sobre un máximo de 10. Esa misma pregunta sobre miembros del IEEE-ES Spanish Chapter en 2009 [2] mostró un nivel de 0.77 y 1.7 respectivamente. Más adelante, en otro estudio realizado en el año 2012 sobre la implantación del Proceso de Bolonia en los grados de Ingeniería en España [3], en el que participaron 570 profesores de 45 universidades españolas, el 12.1% de los profesores comentaron que empezaron a usar vídeos como material educativo, haciendo así que el total de profesores que utilizaban vídeo fuese del 43%.

Si nos ceñimos sólo y exclusivamente a grabación de clases, los únicos datos a los que hemos podido acceder es a un estudio realizado en 2009 [4]. En este estudio participaron 150 instituciones de Estados Unidos (la mayor parte) y de otros 12 países, todas ellas altamente involucradas en el uso de nuevas tecnologías en la educación. De acuerdo a este estudio, un 79% de las instituciones proporcionaban el servicio de grabación de clases, y de éstas, el 31% grababan la clase completa (audio y vídeo) junto con el material adicional (transparencias y/o salida del ordenador), y el 25% de los sistemas que usaban para grabar clases eran automáticos (el resto requiere de algún tipo de operación manual por personal técnico).

Gracias al uso y disponibilidad de material audiovisual se ha podido hacer realidad la inversión de la clase o clase inversa, o en su término anglosajón “Flipped Classroom” o “Flipped Learning” (FL). Intuitivamente significa llevar a clase lo que el estudiante hacía en casa, y a casa lo que se hacía en clase.

Podríamos considerar el año 2012 como el del nacimiento de FL. Es en este año cuando dos profesores, Jonathan Bergmann y Aaron Sams publican el libro “Flip Your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day” [5], en el cual nos cuentan sus experiencias aplicando este método de enseñanza.

Sería este mismo año cuando estos dos profesores crean la organización sin ánimo de lucro Flipped Learning Network (FLN) [6], que tiene como objetivo ofrecer un espacio de encuentro, colaboración, y divulgación de todo aquello relacionado con el FL.

En este artículo abordaremos la creación de una clase inversa para una asignatura concreta de Arquitectura de Ordenadores -aunque la experiencia puede ser extrapolada a otras asignaturas- partiendo de la experiencia previa en grabación de clases y en la aplicación paulatina de clase inversa. El resto del artículo se estructura de la siguiente manera. En la siguiente sección se hace una pequeña introducción a FL. Seguidamente en la sección III se describe nuestra experiencia en la grabación de clases. A continuación en la sección IV planteamos nuestra propuesta para invertir la clase. Finalmente en la última sección describimos las conclusiones y el trabajo futuro a desarrollar.

II. CLASE INVERSA

Anteriormente hemos dado una definición intuitiva del FL. Pero ¿qué es Flipped Learning? La propia FLN nos ofrece una definición de este término: “*FL es una aproximación pedagógica en la cual la enseñanza se desplaza del espacio de aprendizaje en grupo al espacio de aprendizaje individual, y el espacio de grupo resultante se transforma en un entorno de aprendizaje dinámico e interactivo donde el educador guía a los estudiantes en la aplicación de conceptos y hace que estos se involucren de manera creativa en la materia de estudio.*” [7].

Es en este mismo documento [7] donde nos encontramos con lo que la FLN da en llamar los 4 pilares del FL: i) ambiente flexible; ii) cultura de aprendizaje; iii) contenido dirigido; y iv) educador profesional; así como con 11 indicadores relacionados con ellos, que servirán de guía a

aquellos educadores que deseen implementar este modelo de aprendizaje en sus clases y cursos.

A día de hoy, y a pesar de la relativamente corta vida del FL, es posible encontrar en la literatura una enorme cantidad de trabajos relacionados con el mismo (una simple búsqueda del término “Flipped Learning” en Google Académico nos entrega casi 1.500 resultados). Es por ello que a continuación no buscaremos realizar un análisis en profundidad de estos trabajos (tarea impracticable, y totalmente fuera de los objetivos de esta sección), sino que nos centraremos en presentar algunas de las experiencias directamente relacionadas con la implementación, el desarrollo, o el modelado de clases o cursos utilizando FL, con el objetivo de introducir al lector en este tema, y darle así una idea general de su evolución desde su nacimiento a mediados del año 2012.

Nos tomaremos la licencia de poder incluir trabajos que no cumplan estrictamente con los 4 pilares y 11 indicadores del FL (pero aún así interesantes), lo cual podríamos considerar por tanto como “Partially-Flipped Learning” o simplemente “Flipped Classroom”. Este último término se puede considerar como [8] “la aproximación donde en casa se ven vídeos grabados por el profesor y lecciones interactivas, y la clase se convierte en el lugar para trabajar mediante problemas y conceptos avanzados, y entablar aprendizaje cooperativo”, y por lo tanto la más cercana a la definida anteriormente como definición intuitiva.

En [9] se presenta un interesante informe en el que se compara la efectividad de la utilización de FL frente a los métodos tradicionales en tres áreas: i) alcance de los contenidos; ii) rendimiento de los estudiantes en problemas y preguntas de exámenes tradicionales; y iii) percepción de los estudiantes sobre el formato de FL utilizado.

En [10] se documenta la implementación, en un curso de un semestre sobre microeconomía, de una solución que el autor da en llamar “Partially-Flipped Learning”, así como de la percepción que los estudiantes han tenido sobre la migración hacia este tipo de metodología.

En [11] se detalla un estudio cuyo objetivo es investigar los resultados del pensamiento crítico de los estudiantes cuando el desarrollo del mismo se lleva a cabo a través de la enseñanza con soporte tecnológico y pedagógico. Dicho estudio se llevó a cabo en 124 estudiantes durante tres años, empleando una estrategia de FL donde los estudiantes participaron en unas pre-lecciones en línea de preparación para el aprendizaje, en grupos de discusión dentro de un aula digital, y en una plataforma de aprendizaje social tras el trabajo en el aula.

En [12] se introducen los desafíos, la definición, las características, y los objetivos educativos del FL. Además, se propone un modelo de “Flipped Learning Continuo” mediante la integración de tecnologías de comunicación móviles e inalámbricas en el modelo de FL para ofrecer a los desarrolladores y educadores una guía para llevar a cabo actividades de FL efectivas y ayudar a los estudiantes a aprender de manera continua a través de diferentes contextos.

Por último, nos encontramos en [13] con dos estudios relacionados con la utilización de FL en la enseñanza de idiomas.

Nuestra propuesta no trata en profundidad de un modelo FL, sino más bien una aproximación a la clase inversa (Flipped Classroom) en el sentido más cercano a lo descrito en [8].

III. NUESTRA EXPERIENCIA DE GRABACIÓN DE CLASES

Desde el curso 2012/13 en la Universidad de Vigo (España) grabamos las clases de Arquitectura de Ordenadores. Lo hacemos mediante la herramienta Opencast (antiguo Matterhorn) [14][15] con ciertas mejoras en la interfaz gráfica [16], y en la gestión de la grabación de vídeos [17]. Normalmente este tipo de equipamiento suele ser proporcionado por la universidad, debido a su coste y a la instalación física del mismo. Además de esta herramienta Opencast, existen otras que nos permiten grabar en clase, como por ejemplo E-Chalk [18], virtPresenter [19] y ETH Zurich’s REPLAY [20].

En la fig. 1 podemos ver cómo es el frontal de un aula con esta instalación. A la izquierda tenemos el proyector para las presentaciones a través del ordenador, luego hacia la derecha está la pizarra digital y seguidamente una pizarra convencional de rotuladores.

En la fig. 2 podemos ver lo que se vería de las clases grabadas a través de la interfaz de Opencast. Empezando desde arriba a la izquierda, está la proyección que se ha hecho en clase a través del ordenador, y que ha sido grabada directamente capturando la salida del ordenador. A continuación a la derecha se ve lo que ha sido grabado con la cámara, que es la pizarra digital y la pizarra convencional (y en este caso con el profesor). Así pues eso es lo que graba Opencast. Seguidamente y abajo vemos una barra negra donde aparecen de izquierda a derecha cierta información y controles: tiempo que se está visionando, control de la grabación (atrás, visionar/congelar, adelante), volumen, y



Fig. 1. Frontal de un aula equipada con el material de grabación de clase Opencast.

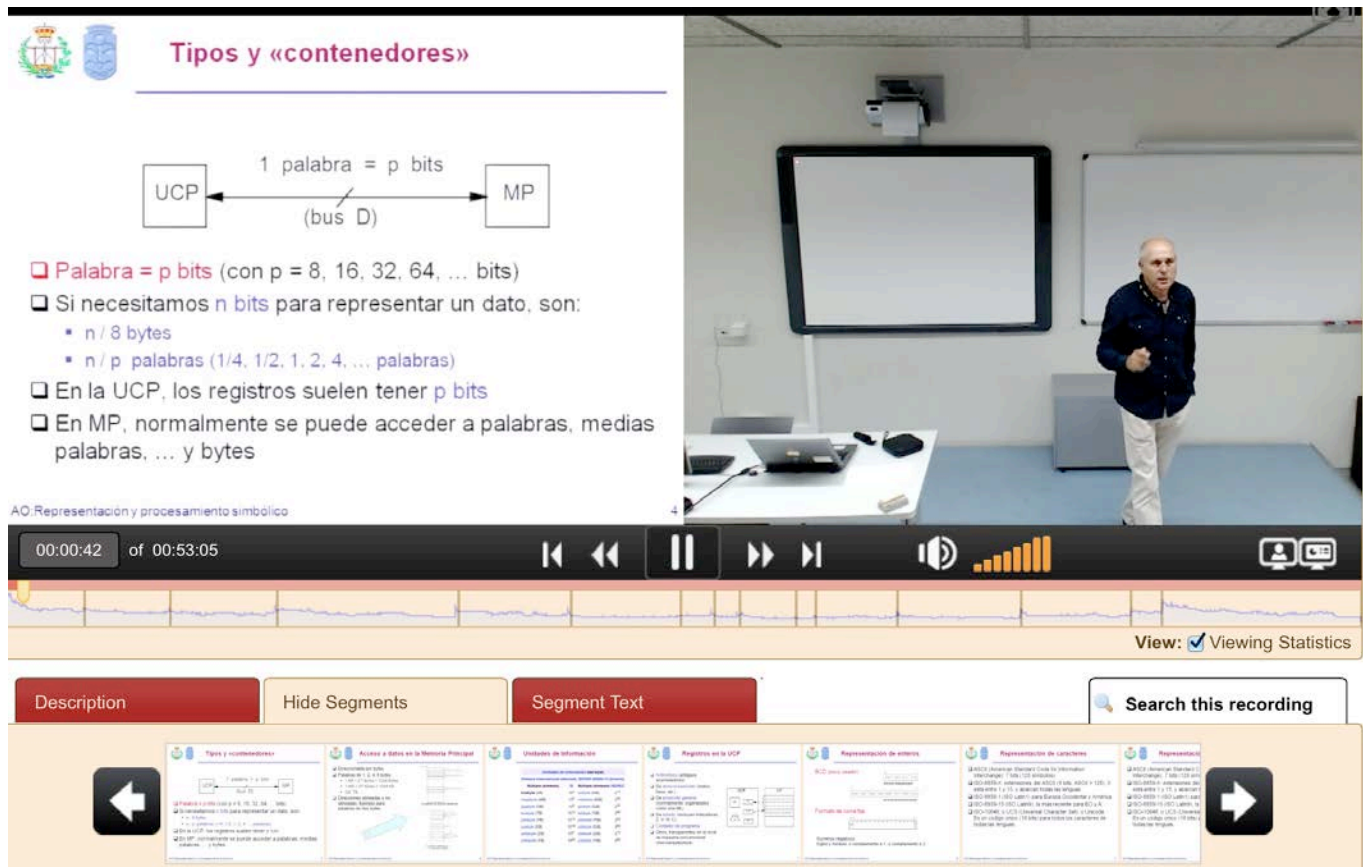


Fig. 2. Interfaz de la herramienta de visionado OpenCast.

tamaño del proyector pizarra (manteniendo el mismo tamaño total, aumenta y disminuye la parte del proyector o de la pizarra). Debajo de esta barra aparece activada una descripción de la estadística de visionado de cada parte del vídeo. Y debajo aparece activada la descripción por las distintas pantallas que aparecen en el proyector, permitiendo ir a las partes del vídeo correspondiente a cada una de estas pantallas. Así se facilita al alumno la navegación por el vídeo de acuerdo a las pantallas de la presentación hecha en clase.

Como ya comentamos, venimos grabando clases ininterrumpidamente desde el curso 2012/13. En [21] publicamos nuestra experiencia en ese sentido, donde se describen todos los detalles y beneficios de la experiencia. La principal conclusión es el beneficio que obtienen los estudiantes del visionado de las clases: *“la nota final de los estudiantes que vieron las clases grabadas es mayor que la de aquellos que no las vieron”*. Este beneficio es corroborado por otras experiencias similares, como [22].

Al siguiente curso (2013/14) hicimos una primera aproximación a la clase inversa [23], donde partiendo de la metodología tradicional se fue introduciendo paulatinamente la clase inversa. Aunque los resultados de la experiencia son buenos, y nos ha servido para seguir adelante en nuestra idea de implantar la clase inversa, constatamos un hecho que nos

pareció relevante para seguir adelante con el proceso. Y este hecho fue que el trabajo desarrollado en casa por el estudiante no es tan grande como en principio puede parecer, y el crédito ECTS pretende atestiguar.

Según [24] el crédito ECTS equivale a 25-30 horas, tiempo total que el estudiante trabaja en la asignatura, y que por lo tanto incluye no sólo el tiempo de clase sino también el tiempo de estudio, de trabajo y de examen. A efectos de docencia, un crédito ECTS equivale a 10 horas de clase, por lo que eso implicaría que el tiempo que el estudiante le dedica a estudiar y trabajar en la asignatura fuera de clase está en 15-20 horas. Sin llegar al extremo, podemos considerar que al menos le dedica a estudiar otro tanto como a ir a clase, lo que significaría que por cada dos horas de clase de teoría le dedica otras dos horas a estudiar esa asignatura. Sin embargo en [23] observamos como existía la opinión por parte de los estudiantes que *“entre ver los vídeos y asistir a clase requiere demasiado tiempo”*. Es decir, que existe una parte significativa de estudiantes que no emplean tantas horas a trabajar en casa como teóricamente habría que hacerlo. Luego intentar invertir el trabajo en casa para clase y el de clase para casa puede ser inútil si el estudiante no emplea el suficiente tiempo de trabajo en casa. Y esto a veces es así porque el propio crédito ECTS

TABLA I

OPINIÓN SOBRE VÍDEOS Y CLASES GRABADAS^A

Pregunta	CA	LA	N	LD	CD
Creo que son útiles para repasar conceptos	73.5	14.5	6	4.8	1.2
Creo que son útiles para suplir clases a las que no pude asistir	71.1	10.8	7.2	6	4.8
Me han sido de mucha ayuda para comprender mejor la asignatura	42.2	33.7	15.7	4.8	3.6
Usar vídeos y clases grabadas para lo que se cuenta en clase y dejar la clase presencial para hacer problemas y resolver dudas es mayor que la clase tradicional	28.9	27.7	25.3	10.8	7.2

^A. En %. Leyenda: CA: Completamente de Acuerdo; LA: ligeramente de Acuerdo; N: Neutral; LD: Ligeramente en Desacuerdo; CD: Completamente en Desacuerdo

en su concepción de 25-30 horas supone una sobrecarga de trabajo para el estudiante [25].

Después de esta experiencia de inversión de clase basándose en las clases grabadas, seguimos con la metodología tradicional, grabando cada curso (2014/15 y 2015/16) las clases. Esto nos permite ofrecer a nuestros alumnos siempre las clases del curso actual, pues aunque las clases no cambian drásticamente de un año para otro, sí es cierto que algún cambio siempre existe. Los profesores de la asignatura estamos inmersos en un proceso de mejora continua, y el visionado de las clases grabadas no sólo sirve a los estudiantes, sino también a los profesores: siempre se tiene algún ejemplo distinto, algún concepto que de acuerdo a la experiencia del curso anterior se decide explicarlo de otra manera. Además, los alumnos se identifican más con las clases de su curso; y al profesor le sirve también para tener constancia de lo que se ha explicado en clase, y como elemento de seguimiento para la mejora continua de la docencia, analizando qué cosas se hicieron bien o mal.

En la fig. 3 se puede ver la asistencia a clase y el visionado de las correspondientes clases grabadas (la clase 1 no tuvo visionados porque no se grabó). La tendencia de asistencia es decreciente, donde el máximo es 165 y el mínimo 87. Teniendo en cuenta que son 3 grupos, eso implica una media de ocupación de cada grupo de 55 en su máximo y 29 en su mínimo.

La aceptación por parte de los estudiantes de las clases grabadas son altas (tabla I). En la última cuestión de esta tabla se puede ver la aceptación a priori de una experiencia de clase inversa, aunque no tan alta como en el resto de cuestiones. Estos datos (fig. 3 y tabla I) son muy similares a los de cursos pasados.

La asignatura cuenta con 6 créditos ECTS (3 teóricos y 3 prácticos), y se imparte durante el primer cuatrimestre del primer año de carrera. Los 3 créditos ECTS tanto de teoría como de prácticas se traducen en 28 horas de clase de teoría y 26 horas de clase práctica. El resto de las horas se computan para los exámenes finales. Existe un período de 2 semanas sin

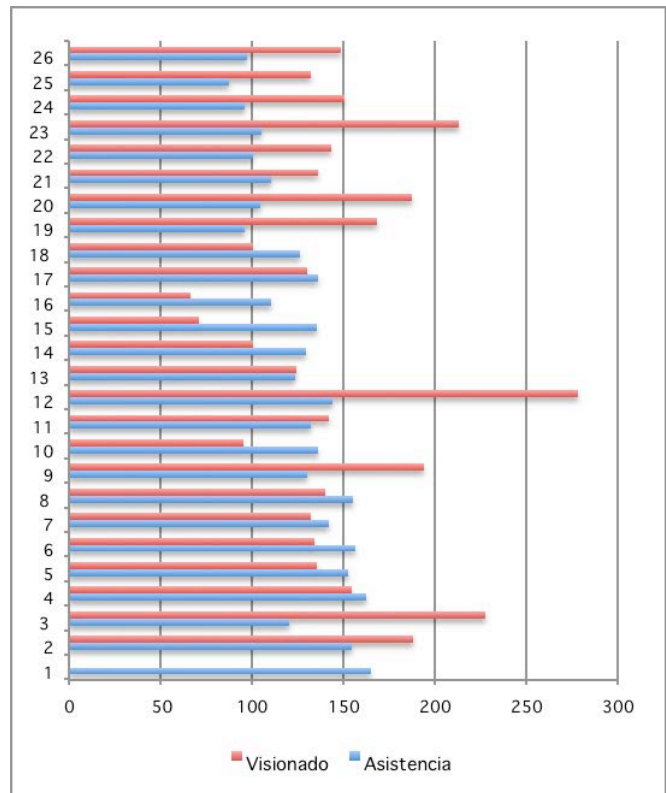


Fig. 3. Relación de asistencia a clase y visionado de clases grabadas en el curso 2015/2016

clases reservadas para la realización de los exámenes finales. La asignatura se basa fundamentalmente en dos ordenadores pedagógicos: Simplez y Algorítmex [26], para los cuáles existen simuladores [27][28].

En la tabla II se muestran las distintas clases (mostradas en la fig. 3) con una breve descripción de su contenido. Existen dos pruebas de Evaluación Continua (EC1 y EC2). La tercera y última prueba (EC3, clases 20-26) se realizará junto al examen final, en el calendario reservado por la Jefatura de Estudios a tal fin. La metodología seguida es la clásica de exposición de conceptos en clase magistral, y resolución de ejercicios y problemas. Cada clase de teoría tiene una duración nominal de 1 hora (50 minutos efectivos) y se imparten 2 clases por semana.

En la parte práctica las clases son de 2 horas nominales (100 minutos efectivos), y la descripción de las mismas se puede ver en la tabla III junto a una breve descripción de las mismas. Existen 3 pruebas de Evaluación Continua (ECP1, ECP2 y ECP3).

Las clases prácticas se inician con una sesión de presentación del contexto, los procedimientos y el entorno en el que los alumnos desarrollarán las prácticas. Las siguientes sesiones se agrupan en tres bloques (ver tabla III) que incluyen 3 prácticas y una prueba de evaluación. Los enunciados de las prácticas están disponibles para los alumnos antes del comienzo de cada bloque y se les encomienda la realización

TABLA II

RELACIÓN DE CLASES DE TEORÍA

#	Clase	Breve Descripción
1	Presentación del Curso	Organización del Curso. Evaluación. Profesorado. Bibliografía
2	Introducción de la asignatura	La asignatura en la carrera. Enfoque multinivel del Ordenador
3	Modelo von Neuman – MvN (1/4)	Estructura y descripción de un sencillo ordenador (Símplez). Repertorio de Instrucciones. Ejemplo de programa: suma.
4	MvN (2/4)	Ejemplos de programas. Suma de 100 números. Intercambio de zonas de memoria.
5	MvN (3/4)	Programas invariantes y reutilizables. Subprogramas.
6	MvN (4/4)	Entrada Salida. Ejercicios
7	Representación y Procesamiento Simbólico - RPS(1/4)	Representación de enteros, caracteres, ejercicios.
8	RPS (2/4)	Operaciones lógicas y de desplazamiento. Convenios sobre orden de almacenamiento.
9	Introducción a Modos de Direccionamiento	Direccionamiento indirecto, indexado, indirecto-indexado, inmediato. Símplez + i4
10	Ejercicios y problemas	Ejercicios y problemas de EC1.
	EXAMEN EC1	Examen sobre clases 1-10
11	Instrucciones y direccionamiento	Tipos de instrucciones y de direccionamiento. Language RT. Pilas.
12	Máquina Convencional - MC (1/5)	Algorítmez (modelo estructural y funcional)
13	MC (2/5)	Algorítmez: Modos de direccionamiento. Modelo Procesal.
14	MC (3/5)	Ejercicios. Llamada a Subrutina. Código reentrante.
15	MC 4/5)	Ejercicios. Paso de argumentos por pila.
16	MC (5/5)	Ejercicios.
17	RPS (3/4)	Formato de punto flotante. IEEE 754 (precisión sencilla y doble).
18	RPS (4/4)	Ejercicios de punto flotante.
19	Ejercicios y problemas	Ejercicios y problemas de EC2.
20	Gestión de la periferia - GP (1/4)	E/S de Algorítmez. Interrupciones. Vectores.
21	GP (2/4)	Consulta por software y por Hardware. Ejercicios.
22	GP (3/4)	Tipos de Periféricos, Controlador de Interrupciones. Ejercicios.
	EXAMEN EC2	Examen sobre clases 11-19
23	GP(4/4)	ADM. Memorias Secundarias. Ejercicios.
24	Sistemas Operativos	Introducción. Nivel de máquina operativa. Gestión de Procesos, Memoria, E/S.
25	Bases de Datos - BD (1/2)	Introducción . Modelo relacional y Entidad-Relación.
26	BD (2/2)	Álgebra Relacional, lenguajes de consulta. Ejercicios.

de las mismas antes de cada sesión práctica. De este modo, las sesiones prácticas comienzan con una discusión/repaso de 10-30 minutos por parte del docente sobre los conceptos

TABLA III

RELACIÓN DE CLASES DE PRÁCTICA

#	Clase	Breve Descripción
1	INTRO	Presentación entorno de trabajo y comandos básicos SO
2	B1-Símplez (1/3)	Programación básica
3	B1-Símplez (2/3)	Subprogramas
4	B1-Símplez (3/3)	Símplez: Listas
	B1: ECP1	Examen Práctico sobre B1
5	B2-Algorítmez (1/3)	Modos de direccionamiento
6	B2-Algorítmez (2/3)	Programación básica
7	B2-Algorítmez (3/3)	Instrucciones lógicas y de desplazamiento
	B2: ECP2	Examen Práctico sobre B2
8	B3-Algorítmez (1/3)	Pila
9	B3-Algorítmez (1/3)	B3-Algorítmez: Paso de parámetros por pila (ref. y valor)
10	B3-Algorítmez (1/3)	B3-Algorítmez: Acceso a periféricos (pantalla y teclado)
11	TUTORÍAS GRUPO	Resolución de dudas
	B3: ECP3	Examen Práctico sobre B3

fundamentales que se abordan en la práctica, aunque con un enfoque muy pragmático, tratando no tanto de introducir estos conceptos (ya tratados en teoría) sino de discutir las dificultades que entraña su uso práctico y los errores que se suelen cometer. Una vez aclaradas estas cuestiones desde una perspectiva teórica se abordan las soluciones a los problemas planteados en la práctica de forma colaborativa entre los alumnos. Antes de la realización de la prueba de evaluación del último bloque se lleva a cabo un sesión de “tutorías globales”, que permite aclarar dudas y ajustar clases perdidas de acuerdo a las fiestas locales u otras eventualidades.

IV. PROPUESTA DE CLASE INVERSA

Nuestra propuesta, después de la experiencia de [23], se centra fundamentalmente en la parte de teoría de la asignatura. Y así de las dos horas de clase presencial de teoría a la semana se pasan a 1 hora de visionado de vídeos en casa y 1 hora de clase presencial. De esta manera las dos horas presenciales a la semana que se daban a grupos de 50 alumnos pasan a ser clases presenciales de 1 hora a grupos de 25, consiguiendo grupos más reducidos, como en clases prácticas. La carga de docencia presencial del profesor sigue siendo la misma, ya que lo que antes impartía a un grupo de 50 en dos horas ahora lo hace a 2 grupos de 25 en 1 hora a cada uno. Y la del alumno también, puesto que al menos tiene el tiempo que emplearía en ir a clase para ver los vídeos (1 hora) y la otra clase presencial para hacer ejercicios y resolver dudas.

Así pues no sería estrictamente una inversión de la clase, puesto que el estudiante sólo hará en casa 1 hora correspondiente a las clases expositivas presenciales, y sólo le queda 1 hora de clase presencial para hacer ejercicios y problemas (el trabajo que debería hacer en casa). Pero esa clase presencial es con menor número de alumnos, lo que lleva a una dedicación más personalizada por parte del profesor, y a un mejor aprovechamiento del trabajo en equipo. De los 3 grupos de 55 alumnos pasaremos a 4 grupos de 25 alumnos, y un grupo de 65 alumnos que seguirán la metodología tradicional. Para seguir la clase inversa en grupos de 25 el estudiante tendrá que apuntarse y se establecerá algún mecanismo junto con Jefatura de Estudios del Centro en el caso de que haya que priorizar estudiantes para la clase inversa porque haya más de 100 apuntados.

Los vídeos de teoría son tal que los dividimos en dos clases: de exposición de conceptos (típica clase expositiva) y de ejercicios. De acuerdo a la tabla II, exceptuando las dos primeras clases que se mantendrían para los dos grupos conjuntamente, se agruparían las clases de dos en dos, de tal modo que se realizan vídeos equivalentes a esas dos horas de clases (100 minutos efectivos) que deberían condensarse – grosso modo- en menos de 50 minutos, y en vídeos de menos de 10 minutos cada uno. Nuestra experiencia en la grabación de vídeos nos demuestra que se puede reducir el tiempo que se emplea para explicar lo mismo que se haría en una clase presencial.

La evaluación de esta parte de teoría pasaría de hacerse en 3 ejercicios, EC1 y EC2 durante período de clases, y EC3 durante período de exámenes a hacerse de manera continua. La idea de evaluación es hacer un ejercicio de aproximadamente 10 minutos en cada clase para que al mismo tiempo que se comprueba que los estudiantes han visionado el material, se les evalúa.

Esto es una mezcla de formación formativa y sumativa: puesto que sirve tanto al alumno como al profesor de realimentación sobre la comprensión de los distintos conceptos y tomar medidas para su mejor aprendizaje. Y es sumativa, porque la nota de esos ejercicios servirá para evaluar la parte de teoría. Al ser sumativa también, implica que en los ejercicios se debe mezclar conocimientos de clases anteriores con la última clase que debe haber visionado el alumno.

En cuanto a prácticas, el cambio no sería tan acentuado como en el caso de las clases de teoría. Recordamos que estamos en una asignatura de primer año en ingeniería, y la importancia que las prácticas tienen en los estudios de ingeniería.

Por ello en prácticas emplearemos la siguiente metodología:

- Vídeos sobre el manejo de los simuladores, y ejemplos de uso
- Mandar para casa una parte de la práctica, explicándola en vídeo. En clase se comprobará (lo hará el profesor) en grupos que está bien realizada. Además, el profesor

mandará hacer otra parte, de forma colaborativa y en grupos, comprobando posteriormente quiénes la han hecho.

Iremos introduciendo el material audiovisual para optimizar el tiempo de laboratorio, pero justamente en la parte práctica lo que se requiere es que el alumno practique en el laboratorio.

A. Evaluación

Como comentamos anteriormente, la parte de teoría se evaluará mediante los ejercicios de 10 minutos realizados en clase presencial. De esta forma no hace falta las dos clases reservadas para los exámenes EC1 y EC2, que pueden dedicarse a clases presenciales. Serían un máximo de 13 ejercicios (uno por cada clase), en donde se elimina la peor nota obtenida por el alumno, y se hace la media aritmética de esos 12 ejercicios, siempre que su media geométrica sea mayor o igual a 4. Esta condición es para evitar que el estudiante evite estudiar algunos temas porque la media aritmética así se lo permite.

Para poder realizar esos ejercicios en clase con un tiempo de 10 minutos contamos con la herramienta BeA [29] que permite gestionar de manera rápida los exámenes en papel, empleando el mínimo tiempo en clase, y teniendo los resultados a través de internet también de una manera rápida.

La nota final de la asignatura se calcula en función de la nota de teoría y de la nota de práctica, de acuerdo al siguiente algoritmo de la fig. 4. Así si el alumno aprueba ambas partes, se aplica la media aritmética (MA), que es a lo que suelen estar acostumbrados. Sin embargo, si una al menos de las dos notas es menor que 5, se aplica la media armónica (MH) que exige una nota mayor en la parte aprobada que la requerida con la media aritmética. Sin embargo, cuando uno al menos de los términos es menor de 3, la media armónica reduce considerablemente el valor, por lo que se aplica de nuevo la media aritmética.

La media armónica permite resolver el problema de las notas mínimas en cada parte para aprobar la asignatura, evitando estar con fórmulas complicadas de notas mínimas en cada una de las partes.

```

Si NT >= 5 y NP >=5 entonces NF =MA(NT, NP)
si no {
    Si MH (NT,NP) > 3 entonces
        NF = MH(NT,NP)
    si no      NF = MA(NT,NP), max. 3
}

```

donde $MA(A,B) = (A+B)/2$
y $MH(A,B) = 2*A*B/(A+B)$; si $A=B=0$, $MH(A,B)=0$

Fig. 4. Algoritmo de cálculo de la nota final (NF) en función de la nota de teoría (NT) y de la nota de práctica (NP).

B. Vídeos y clases propuestas

Para la realización de los vídeos, qué temas y cómo exponerlos, así como los ejercicios a grabar o las prácticas (no dejan de ser ejercicios orientados a su realización práctica en laboratorio) se tiene en cuenta la propia experiencia de cada profesor pero también el análisis de las clases grabadas y de los ejercicios de examen.

Como se puede ver en la fig. 1, para cada clase grabada se cuenta con las estadísticas del visionado de cada parte del vídeo, y clasificados por diapositivas. Un estudio de estos visionados sirve al profesor para darse cuenta de qué partes de la clase han acaparado mayor atención, y tenerlo en cuenta bien para la siguiente clase o bien ya para el siguiente curso. De este análisis las clases se van mejorando cada año, y el profesor tiene información no sólo de las partes que acaparan más atención, sino también de la mejor manera de explicarlas.

Otro tipo de información es el tipo de errores cometidos por los estudiantes a lo largo de los exámenes. En nuestra clase usamos BeA [29] para la realización de exámenes, lo que facilita entre otras cosas la información de los tipos de errores cometidos por los alumnos en sus exámenes. Esta información es muy útil para el profesor, pues le permite identificar qué conceptos no se han comprendido bien, o qué aspectos han de explicarse mejor para que sean mejor comprendidos por los alumnos.

Estos dos tipos de información nos han servido para diseñar los vídeos tanto de teoría como de problemas o prácticas que los alumnos deberán ver fuera del aula en nuestra propuesta de clase inversa.

C. Realización de los vídeos

Para grabar los vídeos contamos con tres posibilidades:

1) Mediante Opencast en el aula correspondiente. Es un formato al que tanto estudiantes como profesor están acostumbrados.

2) Mediante algún capturador de pantalla o *screencast*. Según Udell [30] “*Un screencast es un video digital en el que toma parte total o parcialmente la pantalla del ordenador y en la que la narración del audio describe lo que está pasando en la pantalla*”. Existen varias herramientas de screencast, entre las que están Lotus Screencam [31], FlashBack [32], Open Broadcaster [33], Camtasia [34] y Telestream [35], que es la que usamos.

3) Mediante vídeos polimedia. Estos vídeos se caracterizan porque se graba la pantalla (dos tercios) y al profesor (un tercio). Para ello en nuestra universidad hay que grabarlos en un estudio específico, por lo que en este sentido es más incómodo para el profesor. (Ver fig. 5).

VII. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En el presente artículo se ha mostrado cómo diseñar una asignatura de Arquitectura de Ordenadores mediante clase inversa. Para ello se parte de la experiencia adquirida a lo largo de los últimos años en la grabación de clases, y de una

Ejemplo de coma flotante

Universidade de Vigo

Ejercicio de Coma Flotante

Se quiere obtener la representación del número decimal $-8.267,25$ en un formato de coma flotante de 16 bits con 1 bit para el signo, 7 bits para el exponente y 8 bits para la mantisa; con normalización fraccionaria, base 2 y convenios de complemento a 2 para la mantisa y de exceso de 2^{n-1} para el exponente (e es el nº de bits del exponente).

Martín Llamas Nistal

Martín Llamas Nistal
Profesor titular, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación, Universidad de Vigo

Idioma del vídeo: Castellano
Visto 3276 veces

Fig. 5. Píldora educativa mediante vídeo polimedia.

experiencia de inversión paulatina a partir de las clases grabadas. Esta experiencia, aún siendo positiva, nos ha mostrado que no siempre el trabajo a realizar en casa por el estudiante y contemplado por el crédito ECTS se lleva a cabo, lo que implica en esos casos un aumento considerable del trabajo a realizar por el estudiante.

A partir entonces de este hecho y teniendo en cuenta toda la experiencia adquirida por la grabación de clases y por el análisis de los exámenes de los estudiantes, además de la propia del profesorado durante todos los años de docencia, se ha diseñado una propuesta de inversión parcial de la asignatura.

La llamamos parcial porque no se invierte totalmente el trabajo de casa para clase y de clase para casa, sino que parte del trabajo correspondiente a clase presencial se hará directamente en casa, sin contrapartida de inversión.

La propuesta, que se llevará básicamente en la parte de teoría de la asignatura, incluye la evaluación continua que se realizará durante la parte de clase presencial, sirviendo como elemento estimulador del estudiante para llevar el visionado de los vídeos al mismo tiempo que sustituye los exámenes.

En este sentido podemos afirmar que cumple tanto el aspecto formativo como sumativo de la evaluación.

Actualmente los vídeos están siendo grabados y el próximo curso 2016/17 se pondrá en marcha la experiencia. De esta primera edición en clase inversa parcial esperamos sacar provechosas lecciones que ayuden a mejorar la propuesta.

Otra de las opciones que estamos estudiando es proporcionar un MOOC (*Massive Open Online Course*), para cualquier estudiante ajeno a nuestra universidad, o SPOC (*Small Private Online Course*) para nuestros estudiantes, bien porque no puedan asistir a clase o porque no hayan superado la asignatura y necesiten un refuerzo para seguir la asignatura sin necesidad de asistir a clase.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a nuestros compañeros en la docencia de las asignaturas relacionadas con Arquitectura de Ordenadores, con quienes hemos compartido tantas reflexiones que han servido para mejorar la asignatura: Manuel J. Fernández Iglesias, Alberto Gil Solla, Luis E. Anido Rifón, Enrique Costa Montenegro. Especial recuerdo a Eduardo Cunha por su magnífica aportación a los simuladores.

Esta investigación está siendo financiada por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (ERDF) y el Gobierno Regional de Galicia a través de los proyectos CN2012/260 "Consolidation of Research Units: AtlantTIC" y GRC2013-006 (Consolidación de Grupos de Investigación), y por la Red 513RT0471 del CYTED, RIURE: Red Iberoamericana para la Usabilidad de Recursos Educativos (www.riure.net).

REFERENCIAS

- [1] M. Llamas, M. Caeiro, M. Castro, I. Plaza and E. Tovar, "Use of LMS functionalities in engineering education," *Frontiers in Education Conference (FIE)*, 2011, Rapid City, SD, 2011, pp. S1G-1-S1G-6. doi: 10.1109/FIE.2011.6142830
- [2] Llamas-Nistal, M.; Caeiro-Rodríguez, M.; Castro, M., "Use of E-Learning Functionalities and Standards: The Spanish Case," in *Education, IEEE Transactions on*, vol.54, no.4, pp.540-549, Nov. 2011 doi: 10.1109/TE.2010.2090154
- [3] Llamas-Nistal, M.; Caeiro, M.; Castro, M.; Plaza, I.; Tovar, E., "Engineering education in Spain: One year with the Bologna process," in *Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 2013 IEEE, vol., no., pp.566-572, 13-15 March 2013 doi: 10.1109/EduCon.2013.6530162
- [4] K. Leoni y S. Lichti, "Lecture Capture in Higher Education", Northwestern University, Evanston, IL, 2009.
- [5] Jonathan Bergmann, Aaron Sams (2012). *Flip Your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day*. Ed: International Society for Technology in Education. ISBN: 1564843157, 9781564843159.
- [6] Flipped Learning Network. 2016. [On-line] Available <http://flippedlearning.org/site/default.aspx?PageID=1>
- [7] Flipped Learning Network (2014). *The Four Pillars of F-L-I-P*. [On-line] Available http://www.flippedlearning.org/cms/lib07/VA01923112/Centricity/Domains/46/FLIP_handout_FNL_Web.pdf
- [8] Tucker, B. "The Flipped Classroom: Online instruction at home frees class time for learning," *Education Next*, vol. Winter, 82-83, 2012.
- [9] Gregory S. Mason, Teodora Rutar Shuman, and Kathleen E. Cook (2013). *Comparing the Effectiveness of an Inverted Classroom to a Traditional Classroom in an Upper-Division Engineering Course*. *IEEE Transactions on Education*, Vol. 56, No. 4, pp. 430-435.
- [10] Travis Roach (2014). *Student perceptions toward flipped learning: New methods to increase interaction and active learning in economics*. *International Review of Economics Education*, Volume 17, pp 74-84.
- [11] Siu Cheung Kong (2015). *An experience of a three-year study on the development of critical thinking skills in flipped secondary classrooms with pedagogical and technological support*. *Computers & Education*, Vol. 89, pp. 16-31.
- [12] Gwo-Jen Hwang, Chiu-Lin Lai, Siang-Yi Wang (2015). *Seamless flipped learning: a mobile technology enhanced flipped classroom with effective learning strategies*. *J. Comput. Educ.* 2(4):449-473.
- [13] Yungwei Hao (2016). *Middle school students' flipped learning readiness in foreign language classrooms: Exploring its relationship with personal characteristics and individual circumstances*
- [14] M. Ketterl, O. A. Schulte, A. Hochman, "Opencast Matterhorn: A community-driven open source software project for producing, managing, and distributing academic video," *Interactive Technology and Smart Education*, vol. 7, no. 3, pp. 168-180, 2010
- [15] "Matterhorn", [Online]. Available: <http://opencast.org/matterhorn/>
- [16] "Galicaster Project Home", 2016 [Online]. Available: <http://www.galicaster.org/>
- [17] "PuMuKit Project Home", 2016 [Online]. Available: <http://www.pumukit.org/>
- [18] G. Friedland, L. Knipping, J. Schulte, and E. Tapia, "E-Chalk: a lecture recording system using the chalkboard metaphor," *Interactive Technology and Smart Education*, vol. 1, no. 1, pp.9-20, 2004
- [19] R. Mertens, M. Ketterl, and O. Vornberger, "The virtPresenter lecture recording system: Automated production of web lectures with interactive content overviews," *Interactive Technology and Smart Education*, vol. 4, no. 1, pp. 55-65, 2007
- [20] O. A. Schulte, T. Wunden, and A. Brunner, "REPLAY - An Integrated and Open Solution to produce, handle, and distribute audio-visual (lecture) recordings," in the 36th annual ACM SIGUCCS conference on User services conference, Portland, Oregon, October 2008
- [21] Llamas-Nistal, M.; Mikic-Fonte, F.A., "Generating OER by Recording Lectures: A Case Study," in *Education, IEEE Transactions on*, vol.57, no.4, pp.220-228, Nov. 2014 doi: 10.1109/TE.2014.2336630
- [22] Bos, N., Groeneveld, C., van Bruggen, J. and Brand-Gruwel, S.. "The use of recorded lectures in education and the impact on lecture attendance and exam performance". *British Journal of Educational Technology*. 2015. doi: 10.1111/bjet.12300
- [23] Llamas-Nistal, M.; Fernández-Iglesias, M.J.; Mikic-Fonte, F.A.; Caeiro-Rodríguez, M. "From recorded lectures to flipped learning: an experience" unpublished
- [24] Real Decreto 1125/2003, de 5 de Septiembre. BOE num. 224. Pp. 34355-34356, 18 septiembre 2003. [On-line] Available <http://boe.es/boe/dias/2003/09/18/pdfs/A34355-34356.pdf>
- [25] José M. Rivadeneyra Sicilia. "Créditos ECTS: normativa y realidad", XXI Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Informática, Andorra La Vella, Julio 2015.
- [26] G. Fernández. "Conceptos básicos de Arquitectura y Sistemas Operativos, Curso de Ordenadores" (Basics Concepts on Architectures and Operating Systems, Course of Computers). *Sistemas y Servicios de Comunicación*, S.L. ISBN 84-605-0522-7 (available in Spanish)
- [27] M. Llamas, L. Anido, M. J. Fernández. "Simulators over the network" *IEEE Transactions on Education*, Vol. 44, No. 2, CD-ROM Directory 09, May 2001.
- [28] Eduardo Cunha-Rodríguez. "ESAL: entornos de simulación para los ordenadores pedagógicos Simplez, Simplez+i4 y Algorítmex." (ESAL: simulation environments for pedagogical computers Simplez, Simplez+i4 and Algorítmex). *Proyecto Fin de Carrera (Master Thesis)*, Tutor: Martín Llamas Nistal. E.T.S.I. de Telecomunicación. Universidad de Vigo. 2001. (available in Spanish).
- [29] Martín Llamas-Nistal, Manuel J. Fernández-Iglesias, Juan González-Tato, and Fernando A Mikic-Fonte. "Blended e-assessment: Migrating classical exams to the digital world". *Computers & Education*, 62:72-87, 2013.
- [30] J. Udell. "What is screencasting?". 2005 [On-line] Available <http://archive.oreilly.com/pub/a/oreilly/digitalmedia/2005/11/16/what-is-screencasting.html>
- [31] Lotus Development Corp. "Lotus Screencam" [On-line] Available <http://lotus-screencam.software.informer.com/>
- [32] Blueberry Software Ltd. "FlashBack" [On-line]. Available: <http://www.flashbackrecorder.com/>
- [33] "Open Broadcaster [On-line] Available: <http://obsproject.com/>
- [34] Techsmith. "Camtasia" [On-line] Available <https://www.techsmith.com/camtasia.html>
- [35] Telestream. "ScreenFlow" [On-line] Available <http://www.telestream.net/screenflow/overview.htm>

Hacia la creación de una clase inversa de Arquitectura de Ordenadores

Martín Llamas Nistal, Fernando A. Mikic Fonte, Juan M. Santos Gago y Luis M. Álvarez Sabucedo
Universidade de Vigo, España, {martin, mikic, jsgago, lsabucedo}@gist.uvigo.es

Abstract— Los materiales audiovisuales se están usando cada vez más en la docencia. Estos materiales a su vez son la base que permite invertir la clase: explicar en vídeos en casa lo que antes se explicaba en clase, y hacer en clase lo que antes el estudiante hacía en casa, que básicamente eran ejercicios y problemas. El presente artículo muestra la propuesta de una clase inversa de Arquitectura de Ordenadores de un grado de Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación en la Universidad de Vigo (España), partiendo de experiencias previas de grabación de clases e inversión parcial de alguna de ellas. Se describen los pasos seguidos y las características particulares de esta propuesta. La experiencia en la realización de esta propuesta puede ser aplicada a otras asignaturas.

Keywords— Flipped learning; recorded lectures; flipped classroom.

I. INTRODUCCIÓN

Los materiales audiovisuales, y en concreto vídeos y clases grabadas, están incrementando su uso para la docencia en los últimos años. En un estudio realizado en el año 2011 sobre miembros de todo el mundo de la IEEE-ES (IEEE-Education Society) [1], respondieron 146 profesores de 42 países, en donde preguntados sobre el nivel de uso de *vodcasts* y videoconferencias respondieron con 0.99 y 1.53 respectivamente, sobre un máximo de 10. Esa misma pregunta sobre miembros del IEEE-ES Spanish Chapter en 2009 [2] mostró un nivel de 0.77 y 1.7 respectivamente. Más adelante, en otro estudio realizado en el año 2012 sobre la implantación del Proceso de Bolonia en los grados de Ingeniería en España [3], en el que participaron 570 profesores de 45 universidades españolas, el 12.1% de los profesores comentaron que empezaron a usar vídeos como material educativo, haciendo así que el total de profesores que utilizaban vídeo fuese del 43%.

Si nos ceñimos sólo y exclusivamente a grabación de clases, los únicos datos a los que hemos podido acceder es a un estudio realizado en 2009 [4]. En este estudio participaron 150 instituciones de Estados Unidos (la mayor parte) y de otros 12 países, todas ellas altamente involucradas en el uso de nuevas tecnologías en la educación. De acuerdo a este estudio, un 79% de las instituciones proporcionaban el servicio de grabación de clases, y de éstas, el 31% grababan la clase completa (audio y vídeo) junto con el material adicional (transparencias y/o salida del ordenador), y el 25% de los sistemas que usaban para grabar clases eran automáticos (el resto requiere de algún tipo de operación manual por personal técnico).

Gracias al uso y disponibilidad de material audiovisual se ha podido hacer realidad la inversión de la clase o clase inversa, o en su término anglosajón “Flipped Classroom” o “Flipped Learning” (FL). Intuitivamente significa llevar a clase lo que el estudiante hacía en casa, y a casa lo que se hacía en clase.

Podríamos considerar el año 2012 como el del nacimiento de FL. Es en este año cuando dos profesores, Jonathan Bergmann y Aaron Sams publican el libro “Flip Your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day” [5], en el cual nos cuentan sus experiencias aplicando este método de enseñanza.

Sería este mismo año cuando estos dos profesores crean la organización sin ánimo de lucro Flipped Learning Network (FLN) [6], que tiene como objetivo ofrecer un espacio de encuentro, colaboración, y divulgación de todo aquello relacionado con el FL.

En este artículo abordaremos la creación de una clase inversa para una asignatura concreta de Arquitectura de Ordenadores -aunque la experiencia puede ser extrapolada a otras asignaturas- partiendo de la experiencia previa en grabación de clases y en la aplicación paulatina de clase inversa. El resto del artículo se estructura de la siguiente manera. En la siguiente sección se hace una pequeña introducción a FL. Seguidamente en la sección III se describe nuestra experiencia en la grabación de clases. A continuación en la sección IV planteamos nuestra propuesta para invertir la clase. Finalmente en la última sección describimos las conclusiones y el trabajo futuro a desarrollar.

II. CLASE INVERSA

Anteriormente hemos dado una definición intuitiva del FL. Pero ¿qué es Flipped Learning? La propia FLN nos ofrece una definición de este término: “*FL es una aproximación pedagógica en la cual la enseñanza se desplaza del espacio de aprendizaje en grupo al espacio de aprendizaje individual, y el espacio de grupo resultante se transforma en un entorno de aprendizaje dinámico e interactivo donde el educador guía a los estudiantes en la aplicación de conceptos y hace que estos se involucren de manera creativa en la materia de estudio.*” [7].

Es en este mismo documento [7] donde nos encontramos con lo que la FLN da en llamar los 4 pilares del FL: i) ambiente flexible; ii) cultura de aprendizaje; iii) contenido dirigido; y iv) educador profesional; así como con 11 indicadores relacionados con ellos, que servirán de guía a

Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2016.1.1.042>
ISBN: 978-0-9822896-9-3
ISSN: 2414-6390

14th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Engineering Innovations for Global Sustainability”, 20-22 July 2016, San José, Costa Rica.

aquellos educadores que deseen implementar este modelo de aprendizaje en sus clases y cursos.

A día de hoy, y a pesar de la relativamente corta vida del FL, es posible encontrar en la literatura una enorme cantidad de trabajos relacionados con el mismo (una simple búsqueda del término “Flipped Learning” en Google Académico nos entrega casi 1.500 resultados). Es por ello que a continuación no buscaremos realizar un análisis en profundidad de estos trabajos (tarea impracticable, y totalmente fuera de los objetivos de esta sección), sino que nos centraremos en presentar algunas de las experiencias directamente relacionadas con la implementación, el desarrollo, o el modelado de clases o cursos utilizando FL, con el objetivo de introducir al lector en este tema, y darle así una idea general de su evolución desde su nacimiento a mediados del año 2012.

Nos tomaremos la licencia de poder incluir trabajos que no cumplan estrictamente con los 4 pilares y 11 indicadores del FL (pero aún así interesantes), lo cual podríamos considerar por tanto como “Partially-Flipped Learning” o simplemente “Flipped Classroom”. Este último término se puede considerar como [8] “la aproximación donde en casa se ven vídeos grabados por el profesor y lecciones interactivas, y la clase se convierte en el lugar para trabajar mediante problemas y conceptos avanzados, y entablar aprendizaje cooperativo”, y por lo tanto la más cercana a la definida anteriormente como definición intuitiva.

En [9] se presenta un interesante informe en el que se compara la efectividad de la utilización de FL frente a los métodos tradicionales en tres áreas: i) alcance de los contenidos; ii) rendimiento de los estudiantes en problemas y preguntas de exámenes tradicionales; y iii) percepción de los estudiantes sobre el formato de FL utilizado.

En [10] se documenta la implementación, en un curso de un semestre sobre microeconomía, de una solución que el autor da en llamar “Partially-Flipped Learning”, así como de la percepción que los estudiantes han tenido sobre la migración hacia este tipo de metodología.

En [11] se detalla un estudio cuyo objetivo es investigar los resultados del pensamiento crítico de los estudiantes cuando el desarrollo del mismo se lleva a cabo a través de la enseñanza con soporte tecnológico y pedagógico. Dicho estudio se llevó a cabo en 124 estudiantes durante tres años, empleando una estrategia de FL donde los estudiantes participaron en unas pre-lecciones en línea de preparación para el aprendizaje, en grupos de discusión dentro de un aula digital, y en una plataforma de aprendizaje social tras el trabajo en el aula.

En [12] se introducen los desafíos, la definición, las características, y los objetivos educativos del FL. Además, se propone un modelo de “Flipped Learning Continuo” mediante la integración de tecnologías de comunicación móviles e inalámbricas en el modelo de FL para ofrecer a los desarrolladores y educadores una guía para llevar a cabo actividades de FL efectivas y ayudar a los estudiantes a aprender de manera continua a través de diferentes contextos.

Por último, nos encontramos en [13] con dos estudios relacionados con la utilización de FL en la enseñanza de idiomas.

Nuestra propuesta no trata en profundidad de un modelo FL, sino más bien una aproximación a la clase inversa (Flipped Classroom) en el sentido más cercano a lo descrito en [8].

III. NUESTRA EXPERIENCIA DE GRABACIÓN DE CLASES

Desde el curso 2012/13 en la Universidad de Vigo (España) grabamos las clases de Arquitectura de Ordenadores. Lo hacemos mediante la herramienta Opencast (antiguo Matterhorn) [14][15] con ciertas mejoras en la interfaz gráfica [16], y en la gestión de la grabación de vídeos [17]. Normalmente este tipo de equipamiento suele ser proporcionado por la universidad, debido a su coste y a la instalación física del mismo. Además de esta herramienta Opencast, existen otras que nos permiten grabar en clase, como por ejemplo E-Chalk [18], virtPresenter [19] y ETH Zurich’s REPLAY [20].

En la fig. 1 podemos ver cómo es el frontal de un aula con esta instalación. A la izquierda tenemos el proyector para las presentaciones a través del ordenador, luego hacia la derecha está la pizarra digital y seguidamente una pizarra convencional de rotuladores.

En la fig. 2 podemos ver lo que se vería de las clases grabadas a través de la interfaz de Opencast. Empezando desde arriba a la izquierda, está la proyección que se ha hecho en clase a través del ordenador, y que ha sido grabada directamente capturando la salida del ordenador. A continuación a la derecha se ve lo que ha sido grabado con la cámara, que es la pizarra digital y la pizarra convencional (y en este caso con el profesor). Así pues eso es lo que graba Opencast. Seguidamente y abajo vemos una barra negra donde aparecen de izquierda a derecha cierta información y controles: tiempo que se está visionando, control de la grabación (atrás, visionar/congelar, adelante), volumen, y



Fig. 1. Frontal de un aula equipada con el material de grabación de clase Opencast.

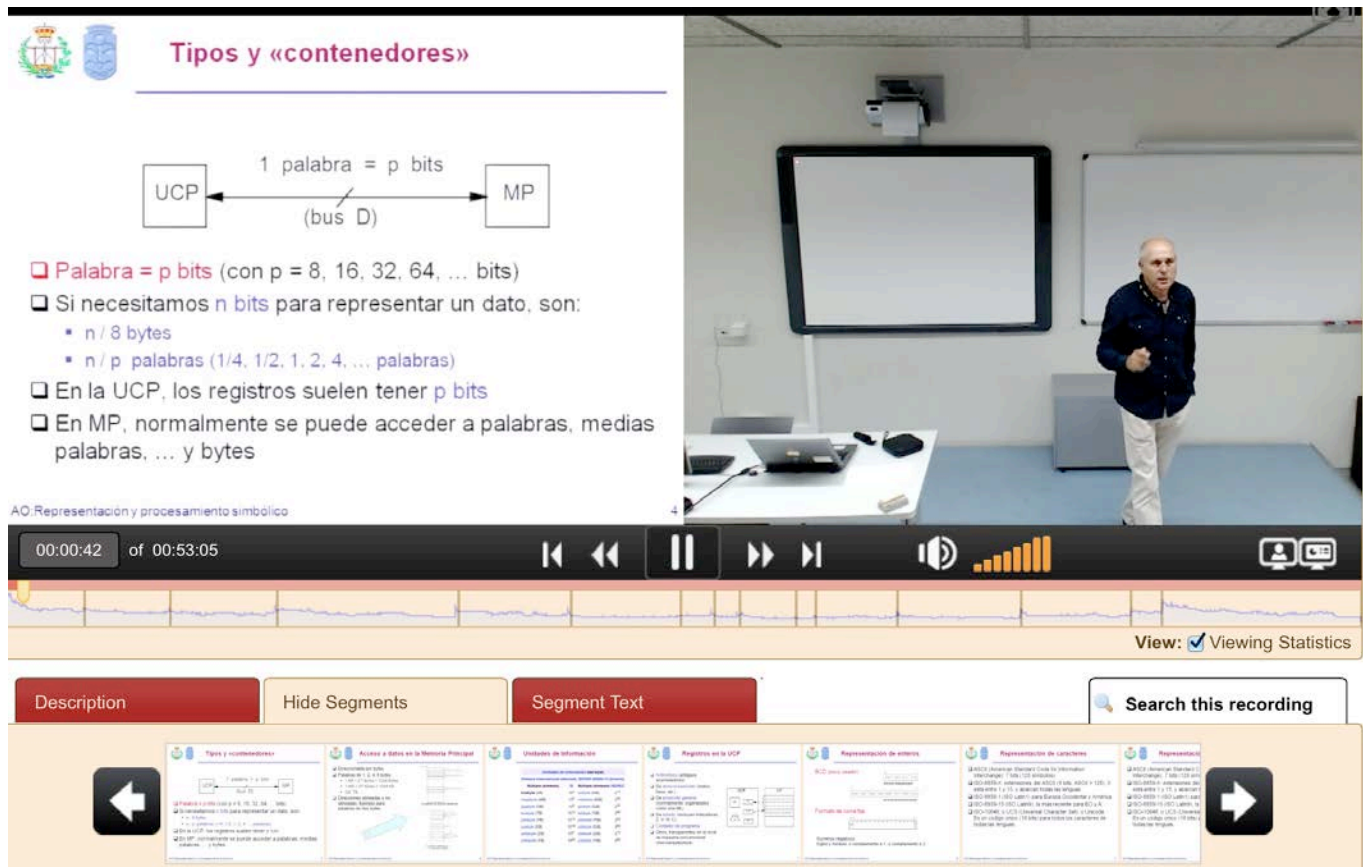


Fig. 2. Interfaz de la herramienta de visionado OpenCast.

tamaño del proyector pizarra (manteniendo el mismo tamaño total, aumenta y disminuye la parte del proyector o de la pizarra). Debajo de esta barra aparece activada una descripción de la estadística de visionado de cada parte del vídeo. Y debajo aparece activada la descripción por las distintas pantallas que aparecen en el proyector, permitiendo ir a las partes del vídeo correspondiente a cada una de estas pantallas. Así se facilita al alumno la navegación por el vídeo de acuerdo a las pantallas de la presentación hecha en clase.

Como ya comentamos, venimos grabando clases ininterrumpidamente desde el curso 2012/13. En [21] publicamos nuestra experiencia en ese sentido, donde se describen todos los detalles y beneficios de la experiencia. La principal conclusión es el beneficio que obtienen los estudiantes del visionado de las clases: “*la nota final de los estudiantes que vieron las clases grabadas es mayor que la de aquellos que no las vieron*”. Este beneficio es corroborado por otras experiencias similares, como [22].

Al siguiente curso (2013/14) hicimos una primera aproximación a la clase inversa [23], donde partiendo de la metodología tradicional se fue introduciendo paulatinamente la clase inversa. Aunque los resultados de la experiencia son buenos, y nos ha servido para seguir adelante en nuestra idea de implantar la clase inversa, constatamos un hecho que nos

pareció relevante para seguir adelante con el proceso. Y este hecho fue que el trabajo desarrollado en casa por el estudiante no es tan grande como en principio puede parecer, y el crédito ECTS pretende atestiguar.

Según [24] el crédito ECTS equivale a 25-30 horas, tiempo total que el estudiante trabaja en la asignatura, y que por lo tanto incluye no sólo el tiempo de clase sino también el tiempo de estudio, de trabajo y de examen. A efectos de docencia, un crédito ECTS equivale a 10 horas de clase, por lo que eso implicaría que el tiempo que el estudiante le dedica a estudiar y trabajar en la asignatura fuera de clase está en 15-20 horas. Sin llegar al extremo, podemos considerar que al menos le dedica a estudiar otro tanto como a ir a clase, lo que significaría que por cada dos horas de clase de teoría le dedica otras dos horas a estudiar esa asignatura. Sin embargo en [23] observamos como existía la opinión por parte de los estudiantes que “*entre ver los vídeos y asistir a clase requiere demasiado tiempo*”. Es decir, que existe una parte significativa de estudiantes que no emplean tantas horas a trabajar en casa como teóricamente habría que hacerlo. Luego intentar invertir el trabajo en casa para clase y el de clase para casa puede ser inútil si el estudiante no emplea el suficiente tiempo de trabajo en casa. Y esto a veces es así porque el propio crédito ECTS

TABLA I

OPINIÓN SOBRE VÍDEOS Y CLASES GRABADAS^A

Pregunta	CA	LA	N	LD	CD
Creo que son útiles para repasar conceptos	73.5	14.5	6	4.8	1.2
Creo que son útiles para suplir clases a las que no pude asistir	71.1	10.8	7.2	6	4.8
Me han sido de mucha ayuda para comprender mejor la asignatura	42.2	33.7	15.7	4.8	3.6
Usar vídeos y clases grabadas para lo que se cuenta en clase y dejar la clase presencial para hacer problemas y resolver dudas es mayor que la clase tradicional	28.9	27.7	25.3	10.8	7.2

^A. En %. Leyenda: CA: Completamente de Acuerdo; LA: ligeramente de Acuerdo; N: Neutral; LD: Ligeramente en Desacuerdo; CD: Completamente en Desacuerdo

en su concepción de 25-30 horas supone una sobrecarga de trabajo para el estudiante [25].

Después de esta experiencia de inversión de clase basándose en las clases grabadas, seguimos con la metodología tradicional, grabando cada curso (2014/15 y 2015/16) las clases. Esto nos permite ofrecer a nuestros alumnos siempre las clases del curso actual, pues aunque las clases no cambian drásticamente de un año para otro, sí es cierto que algún cambio siempre existe. Los profesores de la asignatura estamos inmersos en un proceso de mejora continua, y el visionado de las clases grabadas no sólo sirve a los estudiantes, sino también a los profesores: siempre se tiene algún ejemplo distinto, algún concepto que de acuerdo a la experiencia del curso anterior se decide explicarlo de otra manera. Además, los alumnos se identifican más con las clases de su curso; y al profesor le sirve también para tener constancia de lo que se ha explicado en clase, y como elemento de seguimiento para la mejora continua de la docencia, analizando qué cosas se hicieron bien o mal.

En la fig. 3 se puede ver la asistencia a clase y el visionado de las correspondientes clases grabadas (la clase 1 no tuvo visionados porque no se grabó). La tendencia de asistencia es decreciente, donde el máximo es 165 y el mínimo 87. Teniendo en cuenta que son 3 grupos, eso implica una media de ocupación de cada grupo de 55 en su máximo y 29 en su mínimo.

La aceptación por parte de los estudiantes de las clases grabadas son altas (tabla I). En la última cuestión de esta tabla se puede ver la aceptación a priori de una experiencia de clase inversa, aunque no tan alta como en el resto de cuestiones. Estos datos (fig. 3 y tabla I) son muy similares a los de cursos pasados.

La asignatura cuenta con 6 créditos ECTS (3 teóricos y 3 prácticos), y se imparte durante el primer cuatrimestre del primer año de carrera. Los 3 créditos ECTS tanto de teoría como de prácticas se traducen en 28 horas de clase de teoría y 26 horas de clase práctica. El resto de las horas se computan para los exámenes finales. Existe un período de 2 semanas sin

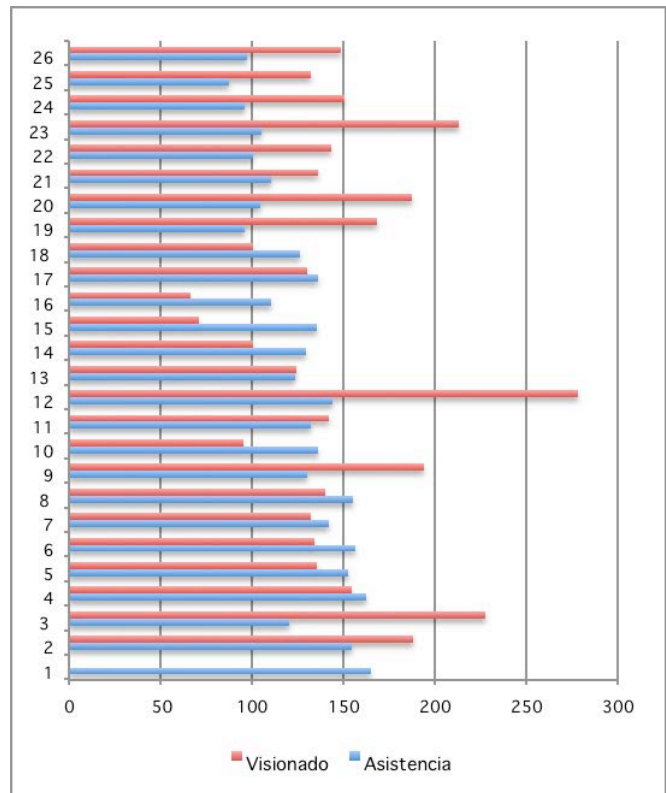


Fig. 3. Relación de asistencia a clase y visionado de clases grabadas en el curso 2015/2016

clases reservadas para la realización de los exámenes finales. La asignatura se basa fundamentalmente en dos ordenadores pedagógicos: Simplez y Algorítmex [26], para los cuáles existen simuladores [27][28].

En la tabla II se muestran las distintas clases (mostradas en la fig. 3) con una breve descripción de su contenido. Existen dos pruebas de Evaluación Continua (EC1 y EC2). La tercera y última prueba (EC3, clases 20-26) se realizará junto al examen final, en el calendario reservado por la Jefatura de Estudios a tal fin. La metodología seguida es la clásica de exposición de conceptos en clase magistral, y resolución de ejercicios y problemas. Cada clase de teoría tiene una duración nominal de 1 hora (50 minutos efectivos) y se imparten 2 clases por semana.

En la parte práctica las clases son de 2 horas nominales (100 minutos efectivos), y la descripción de las mismas se puede ver en la tabla III junto a una breve descripción de las mismas. Existen 3 pruebas de Evaluación Continua (ECP1, ECP2 y ECP3).

Las clases prácticas se inician con una sesión de presentación del contexto, los procedimientos y el entorno en el que los alumnos desarrollarán las prácticas. Las siguientes sesiones se agrupan en tres bloques (ver tabla III) que incluyen 3 prácticas y una prueba de evaluación. Los enunciados de las prácticas están disponibles para los alumnos antes del comienzo de cada bloque y se les encomienda la realización

TABLA II

RELACIÓN DE CLASES DE TEORÍA

#	Clase	Breve Descripción
1	Presentación del Curso	Organización del Curso. Evaluación. Profesorado. Bibliografía
2	Introducción de la asignatura	La asignatura en la carrera. Enfoque multinivel del Ordenador
3	Modelo von Neuman – MvN (1/4)	Estructura y descripción de un sencillo ordenador (Símplez). Repertorio de Instrucciones. Ejemplo de programa: suma.
4	MvN (2/4)	Ejemplos de programas. Suma de 100 números. Intercambio de zonas de memoria.
5	MvN (3/4)	Programas invariantes y reutilizables. Subprogramas.
6	MvN (4/4)	Entrada Salida. Ejercicios
7	Representación y Procesamiento Simbólico - RPS(1/4)	Representación de enteros, caracteres, ejercicios.
8	RPS (2/4)	Operaciones lógicas y de desplazamiento. Convenios sobre orden de almacenamiento.
9	Introducción a Modos de Direccionamiento	Direccionamiento indirecto, indexado, indirecto-indexado, inmediato. Símplez + i4
10	Ejercicios y problemas	Ejercicios y problemas de EC1.
	EXAMEN EC1	Examen sobre clases 1-10
11	Instrucciones y direccionamiento	Tipos de instrucciones y de direccionamiento. Language RT. Pilas.
12	Máquina Convencional - MC (1/5)	Algorítmiz (modelo estructural y funcional)
13	MC (2/5)	Algorítmiz: Modos de direccionamiento. Modelo Procesal.
14	MC (3/5)	Ejercicios. Llamada a Subrutina. Código reentrante.
15	MC 4/5)	Ejercicios. Paso de argumentos por pila.
16	MC (5/5)	Ejercicios.
17	RPS (3/4)	Formato de punto flotante. IEEE 754 (precisión sencilla y doble).
18	RPS (4/4)	Ejercicios de punto flotante.
19	Ejercicios y problemas	Ejercicios y problemas de EC2.
20	Gestión de la periferia - GP (1/4)	E/S de Algorítmiz. Interrupciones. Vectores.
21	GP (2/4)	Consulta por software y por Hardware. Ejercicios.
22	GP (3/4)	Tipos de Periféricos, Controlador de Interrupciones. Ejercicios.
	EXAMEN EC2	Examen sobre clases 11-19
23	GP(4/4)	ADM. Memorias Secundarias. Ejercicios.
24	Sistemas Operativos	Introducción. Nivel de máquina operativa. Gestión de Procesos, Memoria, E/S.
25	Bases de Datos - BD (1/2)	Introducción . Modelo relacional y Entidad-Relación.
26	BD (2/2)	Álgebra Relacional, lenguajes de consulta. Ejercicios.

de las mismas antes de cada sesión práctica. De este modo, las sesiones prácticas comienzan con una discusión/repaso de 10-30 minutos por parte del docente sobre los conceptos

TABLA III

RELACIÓN DE CLASES DE PRÁCTICA

#	Clase	Breve Descripción
1	INTRO	Presentación entorno de trabajo y comandos básicos SO
2	B1-Símplez (1/3)	Programación básica
3	B1-Símplez (2/3)	Subprogramas
4	B1-Símplez (3/3)	Símplez: Listas
	B1: ECP1	Examen Práctico sobre B1
5	B2-Algorítmiz (1/3)	Modos de direccionamiento
6	B2-Algorítmiz (2/3)	Programación básica
7	B2-Algorítmiz (3/3)	Instrucciones lógicas y de desplazamiento
	B2: ECP2	Examen Práctico sobre B2
8	B3-Algorítmiz (1/3)	Pila
9	B3-Algorítmiz (1/3)	B3-Algorítmiz: Paso de parámetros por pila (ref. y valor)
10	B3-Algorítmiz (1/3)	B3-Algorítmiz: Acceso a periféricos (pantalla y teclado)
11	TUTORÍAS GRUPO	Resolución de dudas
	B3: ECP3	Examen Práctico sobre B3

fundamentales que se abordan en la práctica, aunque con un enfoque muy pragmático, tratando no tanto de introducir estos conceptos (ya tratados en teoría) sino de discutir las dificultades que entraña su uso práctico y los errores que se suelen cometer. Una vez aclaradas estas cuestiones desde una perspectiva teórica se abordan las soluciones a los problemas planteados en la práctica de forma colaborativa entre los alumnos. Antes de la realización de la prueba de evaluación del último bloque se lleva a cabo un sesión de “tutorías globales”, que permite aclarar dudas y ajustar clases perdidas de acuerdo a las fiestas locales u otras eventualidades.

IV. PROPUESTA DE CLASE INVERSA

Nuestra propuesta, después de la experiencia de [23], se centra fundamentalmente en la parte de teoría de la asignatura. Y así de las dos horas de clase presencial de teoría a la semana se pasan a 1 hora de visionado de vídeos en casa y 1 hora de clase presencial. De esta manera las dos horas presenciales a la semana que se daban a grupos de 50 alumnos pasan a ser clases presenciales de 1 hora a grupos de 25, consiguiendo grupos más reducidos, como en clases prácticas. La carga de docencia presencial del profesor sigue siendo la misma, ya que lo que antes impartía a un grupo de 50 en dos horas ahora lo hace a 2 grupos de 25 en 1 hora a cada uno. Y la del alumno también, puesto que al menos tiene el tiempo que emplearía en ir a clase para ver los vídeos (1 hora) y la otra clase presencial para hacer ejercicios y resolver dudas.

Así pues no sería estrictamente una inversión de la clase, puesto que el estudiante sólo hará en casa 1 hora correspondiente a las clases expositivas presenciales, y sólo le queda 1 hora de clase presencial para hacer ejercicios y problemas (el trabajo que debería hacer en casa). Pero esa clase presencial es con menor número de alumnos, lo que lleva a una dedicación más personalizada por parte del profesor, y a un mejor aprovechamiento del trabajo en equipo. De los 3 grupos de 55 alumnos pasaremos a 4 grupos de 25 alumnos, y un grupo de 65 alumnos que seguirán la metodología tradicional. Para seguir la clase inversa en grupos de 25 el estudiante tendrá que apuntarse y se establecerá algún mecanismo junto con Jefatura de Estudios del Centro en el caso de que haya que priorizar estudiantes para la clase inversa porque haya más de 100 apuntados.

Los vídeos de teoría son tal que los dividimos en dos clases: de exposición de conceptos (típica clase expositiva) y de ejercicios. De acuerdo a la tabla II, exceptuando las dos primeras clases que se mantendrían para los dos grupos conjuntamente, se agruparían las clases de dos en dos, de tal modo que se realizan vídeos equivalentes a esas dos horas de clases (100 minutos efectivos) que deberían condensarse – grosso modo- en menos de 50 minutos, y en vídeos de menos de 10 minutos cada uno. Nuestra experiencia en la grabación de vídeos nos demuestra que se puede reducir el tiempo que se emplea para explicar lo mismo que se haría en una clase presencial.

La evaluación de esta parte de teoría pasaría de hacerse en 3 ejercicios, EC1 y EC2 durante período de clases, y EC3 durante período de exámenes a hacerse de manera continua. La idea de evaluación es hacer un ejercicio de aproximadamente 10 minutos en cada clase para que al mismo tiempo que se comprueba que los estudiantes han visionado el material, se les evalúa.

Esto es una mezcla de formación formativa y sumativa: puesto que sirve tanto al alumno como al profesor de realimentación sobre la comprensión de los distintos conceptos y tomar medidas para su mejor aprendizaje. Y es sumativa, porque la nota de esos ejercicios servirá para evaluar la parte de teoría. Al ser sumativa también, implica que en los ejercicios se debe mezclar conocimientos de clases anteriores con la última clase que debe haber visionado el alumno.

En cuanto a prácticas, el cambio no sería tan acentuado como en el caso de las clases de teoría. Recordamos que estamos en una asignatura de primer año en ingeniería, y la importancia que las prácticas tienen en los estudios de ingeniería.

Por ello en prácticas emplearemos la siguiente metodología:

- Vídeos sobre el manejo de los simuladores, y ejemplos de uso
- Mandar para casa una parte de la práctica, explicándola en vídeo. En clase se comprobará (lo hará el profesor) en grupos que está bien realizada. Además, el profesor

mandará hacer otra parte, de forma colaborativa y en grupos, comprobando posteriormente quiénes la han hecho.

Iremos introduciendo el material audiovisual para optimizar el tiempo de laboratorio, pero justamente en la parte práctica lo que se requiere es que el alumno practique en el laboratorio.

A. Evaluación

Como comentamos anteriormente, la parte de teoría se evaluará mediante los ejercicios de 10 minutos realizados en clase presencial. De esta forma no hace falta las dos clases reservadas para los exámenes EC1 y EC2, que pueden dedicarse a clases presenciales. Serían un máximo de 13 ejercicios (uno por cada clase), en donde se elimina la peor nota obtenida por el alumno, y se hace la media aritmética de esos 12 ejercicios, siempre que su media geométrica sea mayor o igual a 4. Esta condición es para evitar que el estudiante evite estudiar algunos temas porque la media aritmética así se lo permite.

Para poder realizar esos ejercicios en clase con un tiempo de 10 minutos contamos con la herramienta BeA [29] que permite gestionar de manera rápida los exámenes en papel, empleando el mínimo tiempo en clase, y teniendo los resultados a través de internet también de una manera rápida.

La nota final de la asignatura se calcula en función de la nota de teoría y de la nota de práctica, de acuerdo al siguiente algoritmo de la fig. 4. Así si el alumno aprueba ambas partes, se aplica la media aritmética (MA), que es a lo que suelen estar acostumbrados. Sin embargo, si una al menos de las dos notas es menor que 5, se aplica la media armónica (MH) que exige una nota mayor en la parte aprobada que la requerida con la media aritmética. Sin embargo, cuando uno al menos de los términos es menor de 3, la media armónica reduce considerablemente el valor, por lo que se aplica de nuevo la media aritmética.

La media armónica permite resolver el problema de las notas mínimas en cada parte para aprobar la asignatura, evitando estar con fórmulas complicadas de notas mínimas en cada una de las partes.

```

Si NT >= 5 y NP >=5 entonces NF =MA(NT, NP)
si no {
    Si MH (NT,NP) > 3 entonces
        NF = MH(NT,NP)
    si no NF = MA(NT,NP), max. 3
}

```

donde $MA(A,B) = (A+B)/2$
y $MH(A,B) = 2*A*B/(A+B)$; si $A=B=0$, $MH(A,B)=0$

Fig. 4. Algoritmo de cálculo de la nota final (NF) en función de la nota de teoría (NT) y de la nota de práctica (NP).

B. Vídeos y clases propuestas

Para la realización de los vídeos, qué temas y cómo exponerlos, así como los ejercicios a grabar o las prácticas (no dejan de ser ejercicios orientados a su realización práctica en laboratorio) se tiene en cuenta la propia experiencia de cada profesor pero también el análisis de las clases grabadas y de los ejercicios de examen.

Como se puede ver en la fig. 1, para cada clase grabada se cuenta con las estadísticas del visionado de cada parte del vídeo, y clasificados por diapositivas. Un estudio de estos visionados sirve al profesor para darse cuenta de qué partes de la clase han acaparado mayor atención, y tenerlo en cuenta bien para la siguiente clase o bien ya para el siguiente curso. De este análisis las clases se van mejorando cada año, y el profesor tiene información no sólo de las partes que acaparan más atención, sino también de la mejor manera de explicarlas.

Otro tipo de información es el tipo de errores cometidos por los estudiantes a lo largo de los exámenes. En nuestra clase usamos BeA [29] para la realización de exámenes, lo que facilita entre otras cosas la información de los tipos de errores cometidos por los alumnos en sus exámenes. Esta información es muy útil para el profesor, pues le permite identificar qué conceptos no se han comprendido bien, o qué aspectos han de explicarse mejor para que sean mejor comprendidos por los alumnos.

Estos dos tipos de información nos han servido para diseñar los vídeos tanto de teoría como de problemas o prácticas que los alumnos deberán ver fuera del aula en nuestra propuesta de clase inversa.

C. Realización de los vídeos

Para grabar los vídeos contamos con tres posibilidades:

1) Mediante Opencast en el aula correspondiente. Es un formato al que tanto estudiantes como profesor están acostumbrados.

2) Mediante algún capturador de pantalla o *screencast*. Según Udell [30] “*Un screencast es un video digital en el que toma parte total o parcialmente la pantalla del ordenador y en la que la narración del audio describe lo que está pasando en la pantalla*”. Existen varias herramientas de screencast, entre las que están Lotus Screencam [31], FlashBack [32], Open Broadcaster [33], Camtasia [34] y Telestream [35], que es la que usamos.

3) Mediante vídeos polimedia. Estos vídeos se caracterizan porque se graba la pantalla (dos tercios) y al profesor (un tercio). Para ello en nuestra universidad hay que grabarlos en un estudio específico, por lo que en este sentido es más incómodo para el profesor. (Ver fig. 5).

VII. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En el presente artículo se ha mostrado cómo diseñar una asignatura de Arquitectura de Ordenadores mediante clase inversa. Para ello se parte de la experiencia adquirida a lo largo de los últimos años en la grabación de clases, y de una

Ejemplo de coma flotante

Universidade de Vigo

Ejercicio de Coma Flotante

Se quiere obtener la representación del número decimal $-8.267,25$ en un formato de coma flotante de 16 bits con 1 bit para el signo, 7 bits para el exponente y 8 bits para la mantisa; con normalización fraccionaria, base 2 y convenios de complemento a 2 para la mantisa y de exceso de 2^{n-1} para el exponente (e es el nº de bits del exponente).

AD Coma Flotante

Ejemplo de Coma Flotante

Martín Llamas Nistal

Martín Llamas Nistal
Profesor titular, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación, Universidad de Vigo

Idioma del vídeo: Castellano
Visto 3276 veces

Fig. 5. Píldora educativa mediante vídeo polimedia.

experiencia de inversión paulatina a partir de las clases grabadas. Esta experiencia, aún siendo positiva, nos ha mostrado que no siempre el trabajo a realizar en casa por el estudiante y contemplado por el crédito ECTS se lleva a cabo, lo que implica en esos casos un aumento considerable del trabajo a realizar por el estudiante.

A partir entonces de este hecho y teniendo en cuenta toda la experiencia adquirida por la grabación de clases y por el análisis de los exámenes de los estudiantes, además de la propia del profesorado durante todos los años de docencia, se ha diseñado una propuesta de inversión parcial de la asignatura.

La llamamos parcial porque no se invierte totalmente el trabajo de casa para clase y de clase para casa, sino que parte del trabajo correspondiente a clase presencial se hará directamente en casa, sin contrapartida de inversión.

La propuesta, que se llevará básicamente en la parte de teoría de la asignatura, incluye la evaluación continua que se realizará durante la parte de clase presencial, sirviendo como elemento estimulador del estudiante para llevar el visionado de los vídeos al mismo tiempo que sustituye los exámenes.

En este sentido podemos afirmar que cumple tanto el aspecto formativo como sumativo de la evaluación.

Actualmente los vídeos están siendo grabados y el próximo curso 2016/17 se pondrá en marcha la experiencia. De esta primera edición en clase inversa parcial esperamos sacar provechosas lecciones que ayuden a mejorar la propuesta.

Otra de las opciones que estamos estudiando es proporcionar un MOOC (*Massive Open Online Course*), para cualquier estudiante ajeno a nuestra universidad, o SPOC (*Small Private Online Course*) para nuestros estudiantes, bien porque no puedan asistir a clase o porque no hayan superado la asignatura y necesiten un refuerzo para seguir la asignatura sin necesidad de asistir a clase.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a nuestros compañeros en la docencia de las asignaturas relacionadas con Arquitectura de Ordenadores, con quienes hemos compartido tantas reflexiones que han servido para mejorar la asignatura: Manuel J. Fernández Iglesias, Alberto Gil Solla, Luis E. Anido Rifón, Enrique Costa Montenegro. Especial recuerdo a Eduardo Cunha por su magnífica aportación a los simuladores.

Esta investigación está siendo financiada por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (ERDF) y el Gobierno Regional de Galicia a través de los proyectos CN2012/260 "Consolidation of Research Units: AtlantTIC" y GRC2013-006 (Consolidación de Grupos de Investigación), y por la Red 513RT0471 del CYTED, RIURE: Red Iberoamericana para la Usabilidad de Recursos Educativos (www.riure.net).

REFERENCIAS

- [1] M. Llamas, M. Caeiro, M. Castro, I. Plaza and E. Tovar, "Use of LMS functionalities in engineering education," *Frontiers in Education Conference (FIE)*, 2011, Rapid City, SD, 2011, pp. S1G-1-S1G-6. doi: 10.1109/FIE.2011.6142830
- [2] Llamas-Nistal, M.; Caeiro-Rodríguez, M.; Castro, M., "Use of E-Learning Functionalities and Standards: The Spanish Case," in *Education, IEEE Transactions on*, vol.54, no.4, pp.540-549, Nov. 2011 doi: 10.1109/TE.2010.2090154
- [3] Llamas-Nistal, M.; Caeiro, M.; Castro, M.; Plaza, I.; Tovar, E., "Engineering education in Spain: One year with the Bologna process," in *Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 2013 IEEE, vol., no., pp.566-572, 13-15 March 2013 doi: 10.1109/EduCon.2013.6530162
- [4] K. Leoni y S. Lichti, "Lecture Capture in Higher Education", Northwestern University, Evanston, IL, 2009.
- [5] Jonathan Bergmann, Aaron Sams (2012). *Flip Your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day*. Ed: International Society for Technology in Education. ISBN: 1564843157, 9781564843159.
- [6] Flipped Learning Network. 2016. [On-line] Available <http://flippedlearning.org/site/default.aspx?PageID=1>
- [7] Flipped Learning Network (2014). *The Four Pillars of F-L-I-P*. [On-line] Available http://www.flippedlearning.org/cms/lib07/VA01923112/Centricity/Domains/46/FLIP_handout_FNL_Web.pdf
- [8] Tucker, B. "The Flipped Classroom: Online instruction at home frees class time for learning," *Education Next*, vol. Winter, 82-83, 2012.
- [9] Gregory S. Mason, Teodora Rutar Shuman, and Kathleen E. Cook (2013). *Comparing the Effectiveness of an Inverted Classroom to a Traditional Classroom in an Upper-Division Engineering Course*. *IEEE Transactions on Education*, Vol. 56, No. 4, pp. 430-435.
- [10] Travis Roach (2014). *Student perceptions toward flipped learning: New methods to increase interaction and active learning in economics*. *International Review of Economics Education*, Volume 17, pp 74-84.
- [11] Siu Cheung Kong (2015). *An experience of a three-year study on the development of critical thinking skills in flipped secondary classrooms with pedagogical and technological support*. *Computers & Education*, Vol. 89, pp. 16-31.
- [12] Gwo-Jen Hwang, Chiu-Lin Lai, Siang-Yi Wang (2015). *Seamless flipped learning: a mobile technology enhanced flipped classroom with effective learning strategies*. *J. Comput. Educ.* 2(4):449-473.
- [13] Yungwei Hao (2016). *Middle school students' flipped learning readiness in foreign language classrooms: Exploring its relationship with personal characteristics and individual circumstances*
- [14] M. Ketterl, O. A. Schulte, A. Hochman, "Opencast Matterhorn: A community-driven open source software project for producing, managing, and distributing academic video," *Interactive Technology and Smart Education*, vol. 7, no. 3, pp. 168-180, 2010
- [15] "Matterhorn", [Online]. Available: <http://opencast.org/matterhorn/>
- [16] "Galicaster Project Home", 2016 [Online]. Available: <http://www.galicaster.org/>
- [17] "PuMuKit Project Home", 2016 [Online]. Available: <http://www.pumukit.org/>
- [18] G. Friedland, L. Knipping, J. Schulte, and E. Tapia, "E-Chalk: a lecture recording system using the chalkboard metaphor," *Interactive Technology and Smart Education*, vol. 1, no. 1, pp.9-20, 2004
- [19] R. Mertens, M. Ketterl, and O. Vornberger, "The virtPresenter lecture recording system: Automated production of web lectures with interactive content overviews," *Interactive Technology and Smart Education*, vol. 4, no. 1, pp. 55-65, 2007
- [20] O. A. Schulte, T. Wunden, and A. Brunner, "REPLAY - An Integrated and Open Solution to produce, handle, and distribute audio-visual (lecture) recordings," in the 36th annual ACM SIGUCCS conference on User services conference, Portland, Oregon, October 2008
- [21] Llamas-Nistal, M.; Mikic-Fonte, F.A., "Generating OER by Recording Lectures: A Case Study," in *Education, IEEE Transactions on*, vol.57, no.4, pp.220-228, Nov. 2014 doi: 10.1109/TE.2014.2336630
- [22] Bos, N., Groeneveld, C., van Bruggen, J. and Brand-Gruwel, S.. "The use of recorded lectures in education and the impact on lecture attendance and exam performance". *British Journal of Educational Technology*. 2015. doi: 10.1111/bjet.12300
- [23] Llamas-Nistal, M.; Fernández-Iglesias, M.J.; Mikic-Fonte, F.A.; Caeiro-Rodríguez, M. "From recorded lectures to flipped learning: an experience" unpublished
- [24] Real Decreto 1125/2003, de 5 de Septiembre. BOE num. 224. Pp. 34355-34356, 18 septiembre 2003. [On-line] Available <http://boe.es/boe/dias/2003/09/18/pdfs/A34355-34356.pdf>
- [25] José M. Rivadeneyra Sicilia. "Créditos ECTS: normativa y realidad", XXI Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Informática, Andorra La Vella, Julio 2015.
- [26] G. Fernández. "Conceptos básicos de Arquitectura y Sistemas Operativos, Curso de Ordenadores" (Basics Concepts on Architectures and Operating Systems, Course of Computers). *Sistemas y Servicios de Comunicación*, S.L. ISBN 84-605-0522-7 (available in Spanish)
- [27] M. Llamas, L. Anido, M. J. Fernández. "Simulators over the network" *IEEE Transactions on Education*, Vol. 44, No. 2, CD-ROM Directory 09, May 2001.
- [28] Eduardo Cunha-Rodríguez. "ESAL: entornos de simulación para los ordenadores pedagógicos Simplez, Simplez+i4 y Algorítmex." (ESAL: simulation environments for pedagogical computers Simplez, Simplez+i4 and Algorítmex). *Proyecto Fin de Carrera (Master Thesis)*, Tutor: Martín Llamas Nistal. E.T.S.I. de Telecomunicación. Universidad de Vigo. 2001. (available in Spanish).
- [29] Martín Llamas-Nistal, Manuel J. Fernández-Iglesias, Juan González-Tato, and Fernando A Mikic-Fonte. "Blended e-assessment: Migrating classical exams to the digital world". *Computers & Education*, 62:72-87, 2013.
- [30] J. Udell. "What is screencasting?". 2005 [On-line] Available <http://archive.oreilly.com/pub/a/oreilly/digitalmedia/2005/11/16/what-is-screencasting.html>
- [31] Lotus Development Corp. "Lotus Screencam" [On-line] Available <http://lotus-screencam.software.informer.com/>
- [32] Blueberry Software Ltd. "FlashBack" [On-line]. Available: <http://www.flashbackrecorder.com/>
- [33] "Open Broadcaster [On-line] Available: <http://obsproject.com/>
- [34] Techsmith. "Camtasia" [On-line] Available <https://www.techsmith.com/camtasia.html>
- [35] Telestream. "ScreenFlow" [On-line] Available <http://www.telestream.net/screenflow/overview.htm>