

Aplicación de la clase invertida en una asignatura de introducción a la electrónica digital

Raúl Alcaraz
Escuela Politécnica
Universidad de Castilla-La Mancha
Cuenca, Spain
Raul.Alcaraz@uclm.es

Arturo Martínez-Rodrigo
Facultad de Comunicación
Universidad de Castilla-La Mancha
Cuenca, Spain
Arturo.Martinez@uclm.es

Roberto Zangróniz
Escuela Politécnica
Universidad de Castilla-La Mancha
Cuenca, Spain
Roberto.Zangroniz@uclm.es

José J. Rieta
Escuela Politécnica Superior de Gandía
Universitat Politècnica de Valencia
Gandía (Valencia), Spain
jjrieta@upv.es

Resumen—Debido a los constantes cambios que experimenta el panorama tecnológico actual, la sociedad demanda cada vez más ingenieros con habilidades transversales, capaces de enfrentarse exitosamente a problemas todavía por descubrir en un futuro no tan lejano. En este sentido, ciertos esquemas de enseñanza activos y centrados en el alumno son más eficaces, dotando a los estudiantes de estas habilidades, que los métodos de enseñanza tradicional. Sin embargo, el uso de estas metodologías docentes no ha sido muy explorado en cursos de ingeniería. Por lo tanto, en este trabajo se realiza una comparativa entre los métodos de enseñanza tradicional (ET) y de clase invertida (CI), analizando diferentes cursos académicos en una asignatura de introducción a la *Electrónica Digital* en un Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación. Para llevar a cabo esta comparativa, se analizaron a lo largo de dos cursos académicos, donde los esquemas de ET y CI fueron alternados, indicadores objetivos tales como el grado de asistencia a clase, las calificaciones, o la carga de trabajo de los estudiantes y del profesor. Los resultados mostraron que los estudiantes que participaron bajo el esquema de enseñanza de CI estaban más involucrados y consiguieron calificaciones globales más altas en la asignatura que aquellos que la cursaron a través del método de ET. Finalmente, la carga de trabajo del profesor y de los alumnos no se vio globalmente incrementada en el caso de la CI con respecto a la ET.

Index Terms—Aprendizaje Activo, Clase Invertida, Electrónica Digital.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, los constantes avances tecnológicos están cambiando el mundo de una forma rápida y sorprendente. En solo unos pocos años, las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) han sido las responsables de numerosos cambios en diferentes ámbitos de nuestra sociedad. La informática, la microelectrónica y las telecomunicaciones se han convertido en los pilares básicos del desarrollo de las TIC, pero no de forma aislada, sino de manera interactiva e interconexiónada, lo que permite conseguir nuevas realidades comunicativas. En este sentido, Internet, las redes sociales

Este trabajo se ha financiado a través del Plan Estratégico 2017–2020 de la Escuela Politécnica de Cuenca (programa CD–AFP20), así como con fondos propios de la Facultad de Comunicación, Universidad de Castilla-La Mancha

o los dispositivos móviles son solo ejemplos de paradigmas tecnológicos que han transformado completamente el modo en que la gente se comunica y obtiene información. En este contexto, cada vez son mayores las oportunidades generadas y la demanda de ingenieros preparados para abordar la realidad tecnológica actual. Sin embargo, desde una perspectiva docente, supone un gran reto educacional dar respuesta a los requisitos transversales que la sociedad demanda de los ingenieros. Conseguir una adecuada formación para que los ingenieros del futuro sean capaces de desarrollar tareas que hoy en día no se pueden imaginar es uno de los mayores retos de la enseñanza universitaria [1]. En este sentido, el Centro Internacional de Enseñanzas de Ingeniería de la UNESCO ha destacado que más allá de las competencias técnicas troncales, se requiere que los ingenieros de hoy en día dominen una amplia gama de habilidades que les permita enfrentarse a los retos y problemas generados en una sociedad en constante cambio [2]. Por lo tanto, las carreras de ingeniería deben procurar a los estudiantes competencias profesionales y habilidades interdisciplinarias, tales como trabajo en equipo, resolución de problemas, gestión de la información, pensamiento crítico, adaptación a los cambios, comunicación eficiente y autoaprendizaje del alumno, entre otras.

Para enseñar estas habilidades transversales y multidisciplinarias, cada vez más profesores universitarios están comenzando a utilizar metodologías activas y centradas en el alumno, ya que han mostrado ser más efectivas que los métodos docentes tradicionales en el desarrollo de dichas competencias [3]. Además, las metodologías activas han demostrado una mayor capacidad para proveer al alumno de un entendimiento conceptual más profundo, así como una mejora del interés [4]. No obstante, a pesar de estas ventajas que podrían solucionar en parte los retos educacionales presentes, las metodologías de enseñanza activas todavía no han sido ampliamente adoptadas en los primeros cursos de grado, especialmente en los estudios de ingeniería. En efecto, existen cada vez más estudios docentes que demandan más esfuerzos para modernizar las

metodologías pedagógicas tradicionales usadas en los estudios de ingeniería [5], [6]. Una de las principales razones de esta oposición podría deberse a que existe una creencia generalizada de que las metodologías activas y centradas en el estudiante requieren sacrificar contenido de la asignatura [7], además de un mayor esfuerzo preparando materiales y actividades [8].

El presente trabajo muestra una primera experiencia empleando metodologías docentes activas en una asignatura de introducción a la *Electrónica Digital*, ubicada en segundo curso de un Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación. La innovación docente consistió en cambiar la metodología de impartición de las clases teóricas, de tal forma que las sesiones prácticas en el laboratorio quedaron sin alterar. Así, en vez de emplear una metodología de enseñanza tradicional (ET) a través de clases magistrales teóricas, se empleó una estrategia pedagógica basada en la denominada clase invertida (CI). Cabe destacar que el contenido básico de la asignatura fue cubierto en todos los casos. La CI se caracteriza por dos fases contrapuestas al modelo ET. Así, en una primera fase, el alumno adquiere una serie de conocimientos antes de la clase, a través de distintos medios tecnológicos como vídeos, miniaplicaciones (*widgets*), podcasts, etc., mientras que en una segunda fase, el docente consolida el aprendizaje durante el horario de clase y genera dinámicas para que los alumnos puedan compartir dicha información a través de discusiones grupales o resolución de problemas [9].

La comparación entre las dos metodologías (ET vs. CI) y el posible impacto en estudiantes y profesores se llevó a cabo mediante el uso de indicadores de resultados objetivos. Así, se analizaron los ratios de asistencia, la carga de trabajo de alumno y profesor, junto con las calificaciones finales. Como resumen, este estudio se centra en dar respuesta a las siguientes preguntas de investigación:

- Cuando se mantiene el contexto de aprendizaje, ¿es más efectiva la metodología de CI que la ET involucrando a los alumnos en la asignatura y proporcionándoles un mejor y más profundo entendimiento de los conceptos teóricos del curso?
- Comparado con los métodos de ET, ¿pueden la CI mejorar el aprendizaje de los alumnos?
- En comparación con los métodos de ET, ¿supone la CI un aumento considerable de la carga de trabajo para el estudiante y el instructor?

II. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL CURSO

Electrónica Digital es una asignatura obligatoria de segundo curso impartida en el Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación en la Escuela Politécnica de Cuenca, de la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM). Esta asignatura muestra a los estudiantes, por primera vez en el grado, los conceptos fundamentales de los circuitos digitales, incluyendo el sistema binario y puertas lógicas, así como bloques lógicos digitales y sistemas digitales complejos. El curso está dividido en cuatro créditos de teoría, según el Sistema Europeo de Transferencia de Créditos (ECTS) y dos créditos prácticos ECTS. La carga docente se reparte en 40 horas de clase y 20

horas de laboratorio, que se imparten a lo largo de 13 semanas. Por lo tanto, los alumnos deben atender a tres sesiones de 90 minutos a la semana, donde dos sesiones están dedicadas a clases teóricas y una sesión está destinada a prácticas en el laboratorio.

Los resultados previstos de aprendizaje (RPA) que describen las habilidades que el alumno debería conocer y poner en práctica al final del curso son los siguientes:

1. Convertir números entre distintos sistemas numéricos.
2. Aplicar operaciones aritméticas con números entre diferentes sistemas numéricos.
3. Explicar las funciones lógicas básicas, así como el funcionamiento de las puertas lógicas.
4. Conocer y aplicar las reglas y leyes que gobiernan el álgebra de *Boole*.
5. Implementar la minimización a nivel de puerta, de las principales funciones lógicas.
6. Analizar y diseñar sistemas combinacionales.
7. Analizar y diseñar sistemas secuenciales síncronos y asíncronos.
8. Reconocer las principales aplicaciones de los sistemas digitales.
9. Implementar circuitos en dispositivos programables mediante el uso de VHDL.
10. Desarrollar un pensamiento crítico y habilidades basadas en la resolución de problemas en las actividades grupales de laboratorio.

En lo referente a la evaluación de la asignatura, las calificaciones están estructuradas de tal forma que el 20% de la calificación final corresponde a tareas a desarrollar en casa, el 30% a las actividades desarrolladas en el laboratorio y el 50% restante al examen final. Tanto las tareas en casa como el examen final están enfocados para que el profesor evalúe los logros de los RPA 1-8. Por el contrario, los RPA 9-10 se evalúan a través del trabajo en grupo en el laboratorio. En este sentido, en los últimos minutos de cada sesión de laboratorio, un miembro del grupo que actúa como representante del equipo ha de contestar a las preguntas del profesor sobre el trabajo desarrollado en esa sesión práctica. Esta persona en cuestión es designada de forma aleatoria por el profesor, consiguiendo así una interdependencia positiva entre los miembros del equipo [10]. Además, el instructor se encarga de completar una rúbrica por cada sesión para evaluar el trabajo individual y colectivo de cada estudiante [10].

A pesar de que cada sesión de laboratorio es evaluada a través de esta metodología, solamente las evaluaciones recogidas en las últimas cinco sesiones de laboratorio se tienen cuenta para la calificación final del mismo. Esto se debe a que durante estas sesiones el alumno tiene que desarrollar un sistema digital real, donde se reutilizan los componentes digitales desarrollados en las sesiones anteriores. Más concretamente, los alumnos han de diseñar, implementar y validar un transmisor-receptor universal asíncrono (UART), conectando una placa de desarrollo Altera (ahora Intel) DE2 con un ordenador externo. En esta práctica, la tasa de datos

es una variable de entrada y los datos transmitidos y recibidos son visualizados a través de un display de 7 segmentos. Así, en las 8 primeras sesiones de laboratorio, los alumnos diseñan e integran componentes combinatoriales y secuenciales en la placa de desarrollo DE2, tales como decodificadores, multiplexores, sumadores, comparadores, contadores, registros de desplazamientos y *flip-flops*. Con el objetivo de mejorar sus habilidades de trabajo en equipo, los alumnos reciben realimentación del profesor de forma inmediata, utilizando la información recogida en estas clases.

III. METODOLOGÍAS DOCENTES PARA DOS CURSOS

En este estudio, la asignatura *Electrónica Digital* fue evaluada durante dos años académicos consecutivos, utilizando una metodología docente distinta en las clases teóricas para cada año ofertado. Así, se usó una metodología basada en ET para el primer año y una metodología activa basada en CI para el segundo año. Es importante destacar que en ambos años académicos, los días de clase a la semana fueron los mismos, repartidos de la misma manera e impartidos por el mismo profesor. El contenido de la asignatura fue exactamente el mismo en los dos años académicos y los temas fueron impartidos en el mismo orden. Además, el sistema de calificaciones descrito anteriormente se mantuvo inalterado de tal forma que las entregas de trabajos y el examen final se llevaron a cabo aproximadamente en las mismas fechas durante el curso. El examen en ambos casos consistió en cuatro preguntas cortas a desarrollar y dos problemas con el mismo nivel de dificultad. Por último, destacar que se usó la misma plataforma (Moodle) como herramienta online para el intercambio de documentos, desde donde los alumnos se descargaron el material docente y subieron las tareas e informes de prácticas.

III-A. Enseñanza tradicional

A lo largo del primer año académico, el profesor impartió los conceptos teóricos mediante el uso de transparencias con PowerPoint, mientras que los alumnos tomaban notas. En cada tema, el profesor dedicaba los cinco primeros minutos a introducir el tema con algunos ejemplos motivadores y terminaba la clase resolviendo algunos problemas relacionados con el contenido visto en esa lección sobre la pizarra. Algunas veces, se les pedía a los alumnos resolver los ejercicios por ellos mismos de forma individual, aunque podían discutir los posibles resultados con los compañeros. De esta forma, se les permitía a los alumnos aplicar el conocimiento adquirido en clase, así como resolver dudas particulares. De hecho, mientras el alumno resolvía el ejercicio, el profesor caminaba entre los pupitres para monitorizar el progreso de aprendizaje y resolver dudas individuales. Por otro lado, después de las sesiones teóricas, se les pedía a los alumnos hacer una serie de tareas en casa, que consistían en la resolución de un conjunto de problemas. En la Figura 1(a) puede observarse el desglose de las actividades llevadas a cabo con el método de ET. Tanto los problemas propuestos para resolver en casa, como los resueltos en clase se escogieron de libros de texto actuales [11]–[13].

En cuanto a las sesiones de laboratorio, cada experimento práctico a desarrollar fue propuesto siempre después de que los conceptos básicos teóricos hubieran sido explicados en clase. En este sentido, podrían transcurrir de 5 a 20 días desde la explicación teórica hasta que los alumnos la aplicaban de forma práctica en el laboratorio. Cabe destacar que, para cada sesión práctica, el profesor proporcionó a los alumnos una guía para la resolución de los experimentos prácticos en forma de instrucciones directas. Los alumnos trabajaron en grupos permanentes de dos a tres alumnos. Estos grupos fueron organizados de forma premeditada por el profesor, atendiendo a factores como el talento o el género, pero sin asignar ningún tipo de rol entre ellos. Los alumnos de los grupos que mostraron algún tipo de disfuncionalidad en la primera sesión se reasignaron en grupos operativos ya existentes.

III-B. Clase invertida

Durante el segundo año académico, las clases de teoría se llevaron a cabo utilizando una metodología docente basada en la CI, sin alterar las sesiones de laboratorio, tal y como puede observarse en la Figura 1(b). Antes de cada clase teórica, se le pidió a los alumnos llevar a cabo una serie de lecturas, visualizar un conjunto de videos y resolver algunos ejercicios básicos utilizando tutoriales o aplicaciones en la web. Acorde con la metodología de CI, el propósito de estas actividades previas, no es la de intentar que el alumno tenga un completo entendimiento de los conceptos, sino más bien la de proporcionarles una buena base introductoria para que sigan aprendiendo en las actividades que se desarrollarán durante la clase [14].

En este sentido, los libros de texto actuales en los que se describen los circuitos digitales, presentan material de lectura pensado para el aprendizaje individual del alumno, incluyendo numerosos ejemplos resueltos, resaltando los aspectos clave o proponiendo un conjunto de preguntas y problemas a resolver. De esta forma, se propuso a los alumnos la lectura semanal de algunas secciones de capítulos de libros de texto [11], [12]. No obstante, dado que los alumnos de hoy en día prefieren los medios visuales e interactivos [15], también se les propuso la visualización de diferentes videos relacionados con los fundamentos a enseñar cada semana. Existen en la red muchos videotutoriales producidos por reconocidos colegas de profesión y universidades que están disponibles de forma gratuita. Teniendo en cuenta la capacidad de atención de los estudiantes, se usaron videos de entre 5 y 15 minutos de duración, publicados en abierto por la Universidad Politécnica de Valencia, la *Central Michigan University* y el *Intel FPGA University Program*. Así, no fue necesaria la creación de videos propios dada la calidad de los recursos ya publicados en internet, salvo en el caso de algunos tutoriales tratando conceptos complejos tales como la normalización y minimización de funciones lógicas o el diseño y análisis de máquinas de estados finitos. Por último, es importante destacar que estas actividades previas a la clase estuvieron disponibles en Moodle desde el primer día, de tal forma que el alumno podía acceder a ellas en cualquier momento.

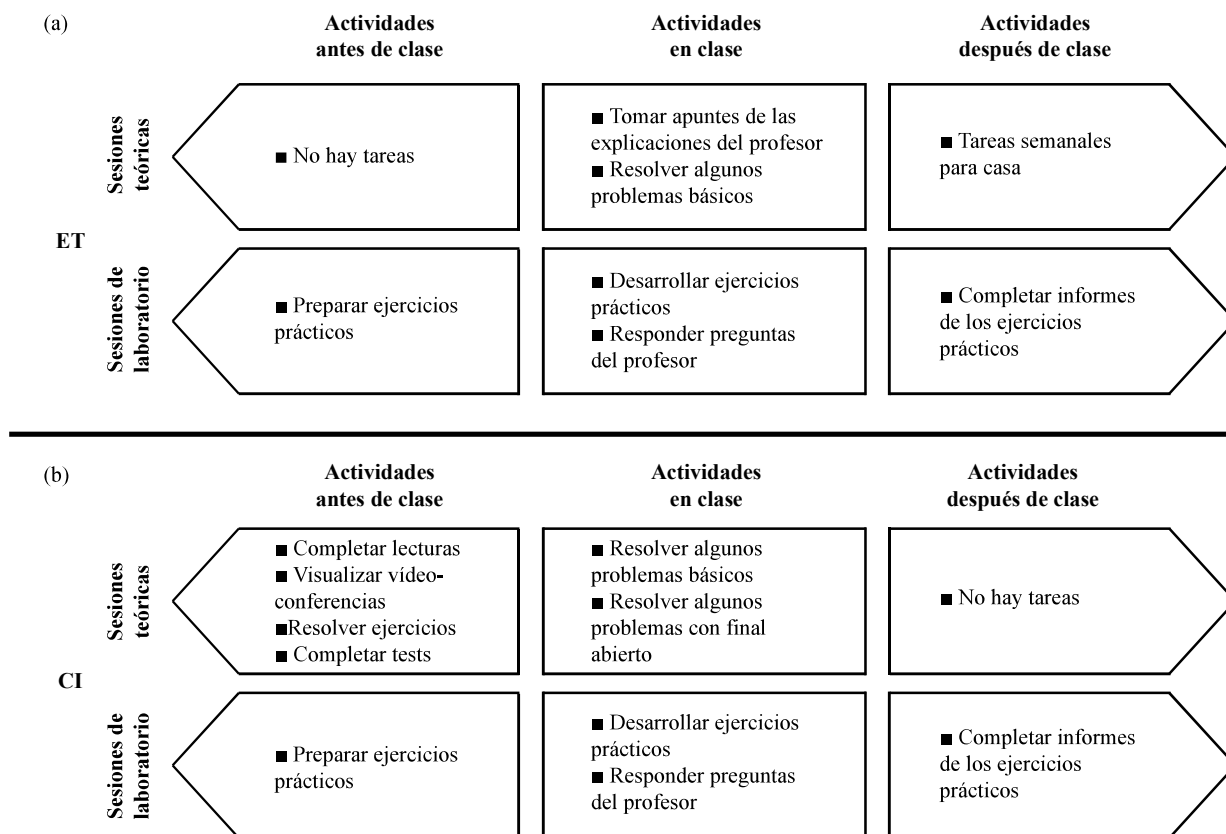


Figura 1. Distribución de las actividades llevadas a cabo en la metodología de Enseñanza Tradicional (a) y en la de Clase Invertida (b).

Un día antes de la primera sesión de clase de cada semana, se les pide a los alumnos que completen varios cuestionarios online. Los cuestionarios para cada tema se obtuvieron directamente, con pequeñas modificaciones, de la sección de autoevaluación de algunos libros de texto [11]. Estos cuestionarios se realizaron de forma telemática a través de Moodle, de tal manera que los resultados obtenidos pudieran planificar los contenidos y tiempo de refuerzo en la siguiente clase teórica. A menudo, las puntuaciones de los estudiantes en estos test, reflejaron conceptos difusos que fueron explicados durante los primeros minutos de clase. Por otro lado, el tiempo ahorrado en clases magistrales por la preparación previa de los alumnos, se empleó en la resolución de una amplia variedad de problemas relacionados con cada tema. Estos problemas fueron los mismos que se usaron durante el año anterior en el modelo de ET. Sin embargo, en esta ocasión, la dinámica de clase fue distinta, después de un corto período de tiempo, el profesor pidió aleatoriamente a un estudiante que compartiera su solución. Seguidamente, el resto de estudiantes verificaron si la solución era correcta o bien propusieron una alternativa en el caso de que fuera errónea. En este último caso, se discutían diferentes revisiones de la solución al problema, hasta alcanzar la solución más óptima. Finalmente se clarificaban los conceptos más relevantes para la resolución del problema.

Por otro lado, para mejorar algunas habilidades transversa-

les, tales como el pensamiento crítico y el trabajo en equipo, los alumnos trabajaron en algunos problemas abiertos, en grupos no permanentes de entre dos y tres personas. Se excluyó la posibilidad de formar grupos estables, debido a que las clases teóricas no son obligatorias y, por lo tanto, tampoco la asistencia a las mismas. Esta regulación es común a todos los grados dentro de la UCLM. Sin embargo, se animó a los estudiantes a desarrollar buenas habilidades interpersonales de trabajo en equipo, a través de las siguientes actividades:

- Reflexiones cortas e individuales sobre el problema.
- Tormenta de ideas en grupo y discusión sobre potenciales soluciones al problema.
- Trabajo iterativo en grupo sobre la solución acordada.

Además, la naturaleza intrínseca de los problemas abiertos requiere que el alumnado asimile la interconexión entre diferentes conceptos, para así estimular el pensamiento crítico [14]. En este sentido, un problema propuesto cerca del final del curso consistió en el diseño de un sistema de control de semáforo. En primer lugar, los estudiantes debían pensar en el diagrama de estados y en los requerimientos temporales del sistema, para después, gestionando satisfactoriamente la señal de reloj, diseñar los circuitos de sincronización y, por último, derivar y simplificar la lógica combinacional. Este tipo de problemas se extrajeron mayoritariamente de libros de texto [11], [13], facilitando esta tarea clave en la aplicación eficaz

de una metodología basada en la CI [13].

IV. EVALUACIÓN DEL ESTUDIO

En primer lugar, los estudiantes matriculados en la asignatura *Electrónica Digital* en los dos cursos fueron evaluados en términos de créditos ECTS conseguidos y notas finales de las asignaturas previamente superadas. Aunque todos los estudiantes habían cursado las mismas asignaturas de primer curso, antes de llegar a *Electrónica Digital*, analizar el punto de partida para cada método de enseñanza es importante para obtener una comparación justa. Como se mencionó anteriormente, en la UCLM la asistencia no está tipificada como obligatoria y no contabiliza para la calificación final de la asignatura, por lo que este indicador se utilizó exclusivamente para la evaluación del atractivo de la asignatura de cara al alumnado. Se contabilizó la asistencia vía Moodle, de tal forma que la recogida de este marcador quedó informatizada para facilitar su posterior análisis estadístico. Del mismo modo, los estudiantes tuvieron que rellenar una plantilla online semanalmente, en el que cada uno de forma individual reflejaba el número de horas dedicadas a la asignatura. Así, se calculó el número global de horas invertidas en el total del curso por parte de los estudiantes, incluidas las dedicadas a los trabajos en casa y la preparación de las prácticas, dependiendo de la metodología empleada.

Por otro lado, el rendimiento de los estudiantes se evaluó analizando los ratios de aprobados, suspensos y abandonos. Después, se analizaron las calificaciones promedio de las actividades antes de clase o los trabajos en casa, las prácticas de laboratorio y el examen final de la asignatura. Las calificaciones de los abandonos se sacaron fuera del cómputo para una comparación de las metodologías lo más justa posible. El último parámetro a comparar entre los dos métodos es la carga de trabajo del instructor. Así, para cada curso, el profesor hizo anotaciones muy concretas acerca del tiempo invertido en la preparación de ambas metodologías.

Finalmente, se evaluó la normalidad y homocedasticidad de los datos recopilados, usando los test estadísticos de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. Para los marcadores que superaron los test paramétricos, se calcularon las diferencias estadísticas entre las metodologías a través de un test de Student, mientras que para los datos que mostraron una distribución no normal o no homocedástica se utilizó una prueba U de Mann-Whitney. En el caso de variables categóricas, se utilizó un test de chi-cuadrado de Pearson para evaluar la significación de los datos.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

V-A. Descripción de las características de los estudiantes

Un total de 58 estudiantes a tiempo completo participaron en el experimento. La Tabla I muestra la distribución de estos estudiantes para cada curso y método docente, así como los ECTS conseguidos y calificaciones globales del primer año. Cabe destacar, que los alumnos que se encontraban repitiendo la asignatura fueron automáticamente descartados del estudio, pues ya poseían conocimientos previos de los contenidos y

Cuadro I
CARACTERÍSTICAS INICIALES DE LOS ALUMNOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO Y SU RENDIMIENTO ACADÉMICO DURANTE EL PRIMER AÑO

	Metodología docente		ρ - value
	ET	CI	
Estudiantes	28	30	–
Mujeres	11.22 %	10.45 %	0.891
ECTS conseguidos	48.00±8.31	48.69±8.12	0.455
Calificaciones promedio †	5.84±0.71	5.88±0.92	0.651

† Las calificaciones promedio se definen en el intervalo [0-10].

podrían sesgar el estudio. Como se puede observar, no se encontraron diferencias significativas en los porcentajes de mujeres cursando la asignatura en ambos cursos ($\rho = 0.891$). De la misma forma, los test de Student y Kruskal-Wallis no mostraron diferencias en el número de créditos conseguidos en el primer año ($\rho = 0.455$) y las calificaciones globales medias para cada curso ($\rho = 0.651$), para los dos esquemas de metodología docente. Por lo tanto, se podría considerar que los alumnos de ambos cursos presentaban características similares.

V-B. Tasa de asistencia del alumnado

La Figura 2 muestra la distribución de la asistencia del alumnado a lo largo de las 13 semanas en las que se impartió clase, durante los dos cursos académicos en estudio. Como se puede observar, apenas se aprecian diferencias entre los cursos durante las primeras semanas, donde más del 90 % de los estudiantes asistieron a clase. Sin embargo, a medida que fue transcurriendo el tiempo, se puede observar un decrecimiento gradual que resulta más notable para el esquema de ET. Por otro lado, la tendencia casi constante de la metodología de CI sugiere que este método es más efectivo que los esquemas de ET cuando se quiere mantener a los estudiantes motivados y comprometidos durante el curso. Este resultado es especialmente relevante, ya que como se comentó anteriormente, la asistencia no es un ítem evaluable para la nota final de las asignaturas. Estadísticamente, las diferencias de asistencia para los dos cursos fueron evaluadas a través de un test no paramétrico de Kruskal-Wallis, resultando diferencias significativas entre las metodologías de ET y CI ($\rho = 0.015$). Estos resultados están en línea con otros estudios anteriores, que mostraron efectos similares. Así, Chen et al. [16] observó que la asistencia a clases en redes de computadores, que se impartían de manera síncrona online, mejoraba cuando se utilizaba una metodología de CI, frente a los esquemas de ET. Del mismo modo, Debiec [7] manifestó que un mayor porcentaje del alumnado se sentía más atraído por sus clases cuando utilizaba metodologías centradas en el alumno. Estos resultados podrían sugerir que el desarrollo de actividades colaborativas, tratando con problemas abiertos del mundo real que se llevan a cabo en las metodologías de CI, podrían fomentar el aprendizaje de los alumnos a través de una mejor capacidad para conectar conceptos y construir conocimiento [17].

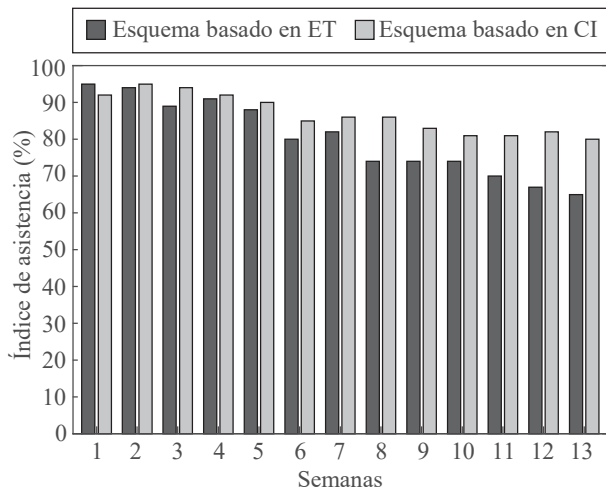


Figura 2. Porcentaje promedio de asistencia a clase para cada semana docente.

V-C. Carga de trabajo del alumnado

Como se comentó anteriormente, la información del número de horas dedicadas por semana se recogió vía Moodle cuando los alumnos subieron los trabajos en casa o las actividades antes de clase, dependiendo del curso académico. La mayoría de los alumnos que abandonaron el curso antes de su finalización no subieron esta información. La información recogida reveló que las horas dedicadas por los alumnos fuera de clase eran muy parecidas, sin importar la metodología docente utilizada. La Figura 3(a) muestra el número de horas promedio dedicadas por los alumnos para cada esquema de enseñanza. Como se puede observar, ambos grupos están muy solapados, no observándose grandes diferencias entre ellos ($\rho = 0.832$). Esta información contrasta completamente con estudios publicados anteriormente, en las que se expone que las metodologías basadas en CI necesitan un mayor esfuerzo del alumnado fuera de clase que los esquemas basados en ET [18]. No obstante, también se ha mostrado anteriormente, que las metodologías basadas en CI son muy eficientes, permitiendo dar el mismo contenido incluso en menos tiempo [19]. De este modo es posible pensar que los estudiantes no tienen que hacer un esfuerzo extra fuera de clase cuando se usa una metodología de CI, siempre que se mantenga el contenido del curso.

V-D. Calificaciones de los estudiantes

La Figura 3(b1) muestra las calificaciones de los alumnos en las tareas en casa o actividades antes de clase, según el esquema de enseñanza. Como se puede observar, hay una clara diferencia entre las dos metodologías, quedando la CI notablemente perjudicada en cuanto a calificaciones ($\rho < 0.001$). Se puede concluir, que a pesar de utilizar un tiempo considerable leyendo materiales docentes y viendo videos, los estudiantes no lograron entender algunos conceptos fuera de clase, pero es necesario considerar estos resultados con cautela dado que la naturaleza y el enfoque de estas dos metodologías es diferente, tal y como se ha comentado anteriormente.

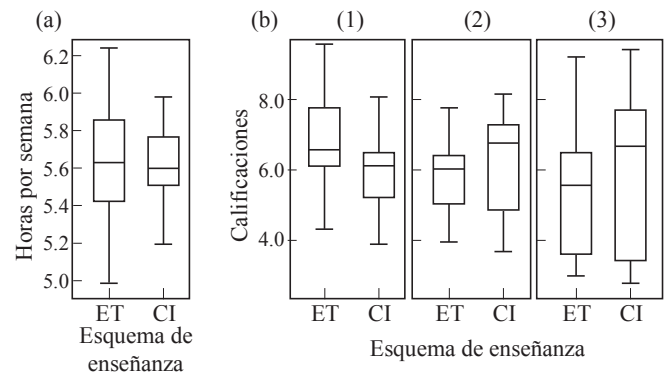


Figura 3. Diagramas de cajas y bigotes que resumen el número de horas semanales que los estudiantes dedican al estudio y las calificaciones obtenidas para los dos esquemas de enseñanza. (a) Número total de horas a la semana. (b1) Calificaciones en los trabajos en casa o actividades antes de clase. (b2) Calificaciones en los experimentos prácticos. (b3) Calificaciones en el examen final.

Por otro lado, las calificaciones obtenidas en los experimentos prácticos mostraron una tendencia opuesta a la anterior, tal y como puede observarse en la Figura 3(b2). A pesar de que las prácticas de laboratorio se mantuvieron exactamente iguales para los dos cursos, las calificaciones bajo el esquema de enseñanza de CI son notablemente superiores que para la metodología de ET ($\rho < 0.001$). El desarrollo de muchas actividades de trabajo en equipo mejoró claramente esta habilidad bajo el esquema de CI.

Por último, se puede observar en la Figura 3(b3), que en promedio, las calificaciones del examen final bajo el esquema de enseñanza de CI son superiores a las de la metodología de ET ($\rho = 0.004$). A pesar de ello, se puede observar bastante dispersión en las calificaciones en el caso de la metodología de CI. La causa más probable de las bajas calificaciones obtenidas en este esquema de enseñanza puede deberse a que parte del alumnado no se adaptó bien a las actividades que lleva consigo esta metodología, como se puede apreciar por las bajas calificaciones de las actividades antes de clase. En consecuencia, un gran desafío de las metodologías activas centradas en los alumnos es ayudar a los estudiantes con bajo rendimiento a seguir adecuadamente el curso.

V-E. Carga de trabajo del instructor

Existe una idea generalizada de que la carga de trabajo que el profesor debe invertir en la preparación de las clases bajo el esquema de enseñanza de CI es significativamente mayor que en los esquemas de enseñanza tradicional [20]. Sin embargo en el presente estudio, los datos no avalaron tal percepción, dado que el número de horas invertidas por el profesor para la preparación de cada clase fue de 4.51 ± 0.89 y 4.77 ± 0.91 ($\rho = 0.537$) para los esquemas de ET y CI, respectivamente. Es importante destacar que esta comparación podría no estar completamente libre de sesgo, pues el mismo profesor que había impartido durante varios cursos la asignatura a través del método de ET, fue el que preparó las clases siguiendo el esquema de CI. A pesar de ello, sigue pareciendo razonable

pensar que el uso de material docente ya disponible en libros de texto e internet tienen un impacto directo sobre este resultado. Efectivamente, la actividad que más esfuerzo conlleva en términos de tiempo es la creación de material audiovisual [19], pero en este experimento, la mayoría de los videos fueron producidos por otras instituciones. Por lo tanto y en vista de los resultados globales obtenidos en el curso con la metodología de CI, parece recomendable el uso de videos disponibles en internet, cuidadosamente seleccionados, para facilitar la implementación de esta metodología [14].

V-F. Limitaciones

Finalmente, es necesario resaltar algunas limitaciones del estudio. Primero de todo, dado que la carga de trabajo fue facilitada directamente por los estudiantes, esta información puede no ser del todo precisa y de confianza. De la misma forma, aunque el instructor que impartió los cursos siempre intentó diseñar actividades y materiales de alta calidad, su percepción podría verse alterada subjetivamente por su carga de trabajo total en cada momento concreto. Finalmente, aunque no se encontraron diferencias significativas en la carga de trabajo del instructor, hay que tener en cuenta que al tratarse del mismo profesor, ya existía una experiencia previa en la asignatura, que podría estar sesgando este resultado.

VI. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha llevado a cabo una comparativa entre un esquema de enseñanza tradicional y de clase invertida en una asignatura introductoria de *Electrónica Digital*. Además, se ha analizado con datos objetivos el impacto de las clases invertidas y los experimentos prácticos. El esquema de enseñanza basado en la clase invertida ha demostrado ser más efectivo para motivar a los estudiantes durante el curso, además de proporcionar un mejor entendimiento de los conceptos básicos de la asignatura, así como mejorar las habilidades transversales de los alumnos, tales como el pensamiento crítico y el trabajo en equipo. Los estudiantes han manifestado sentirse más atraídos por este esquema de enseñanza, ya que utiliza la mayor parte del tiempo de clase a la resolución de problemas abiertos, además de la retroalimentación constante obtenida del profesor. A pesar de los resultados mostrados en otros trabajos, en este estudio la preparación de las clases invertidas no ha supuesto un incremento notable de la carga de trabajo del profesor.

VII. AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su gratitud a todos los estudiantes que participaron en el estudio.

REFERENCIAS

- [1] D. Schaefer, J. H. Panchal, J. Lane Thames, S. Haroon, and F. Mistree, "Educating engineers for the near tomorrow," *International Journal of Engineering Education*, vol. 28, no. 2, pp. 381–396, 2012.
- [2] M. J. Riemer, "Communication skills for the 21st century engineer," *Global J. of Engng. Educ.*, vol. 11, no. 1, pp. 89–100, 2007.
- [3] J. B. Biggs, *Teaching for quality learning at university: What the student does*. McGraw-Hill Education, 2011.
- [4] E. T. Pascarella, T. A. Seifert, and C. Blaich, "How effective are the NSSE benchmarks in predicting important educational outcomes?" *Change: The Magazine of Higher Learning*, vol. 42, no. 1, pp. 16–22, 2010.
- [5] C. J. Finelli and J. E. Froyd, "Improving student learning in undergraduate engineering education by improving teaching and assessment," American Society of Engineering Education. Advances in Engineering Education, Tech. Rep., June 2019.
- [6] C. V. Carvalho, M. Caeiro, H. Tsalapatas, O. Heidmann, K. Pata, and T. Jesmin, "Active learning in engineering. European project to foster the uptake of new teaching methodologies," Erasmus+ Programm of the European Union, Tech. Rep., 2019.
- [7] P. Debiec, "Effective learner-centered approach for teaching an introductory digital systems course," *IEEE Transactions on Education*, vol. 61, no. 1, pp. 38–45, 2018.
- [8] A. S. Palincsar and L. R. Herrenkohl, "Designing collaborative learning contexts," *Theory into Practice*, vol. 41, no. 1, pp. 26–32, 2002.
- [9] J. L. Bishop, M. A. Verleger *et al.*, "The flipped classroom: A survey of the research," in *ASEE National Conference Proceedings*, vol. 30, no. 9, 2013, pp. 1–18.
- [10] R. L. Hughes and S. K. Jones, "Developing and assessing college student teamwork skills," *New Directions for Institutional Research*, vol. 2011, no. 149, pp. 53–64, 2011.
- [11] T. L. Floyd, *Digital fundamentals: A systems approach*. Pearson, 2013.
- [12] J. F. Wakerly, *Digital Design: Principles and Practices*. Prentice Hall, 2005.
- [13] W. Kleitz, *Digital Electronics: A practical approach with VHDL*. Prentice Hall, 2011.
- [14] G. Akçayır and M. Akçayır, "The flipped classroom: A review of its advantages and challenges," *Computers & Education*, vol. 126, pp. 334–345, 2018.
- [15] K. Yelamarthi and E. Drake, "A flipped first-year digital circuits course for engineering and technology students," *IEEE Transactions on Education*, vol. 58, no. 3, pp. 179–186, 2015.
- [16] Y. Chen, Y. Wang, N.-S. Chen *et al.*, "Is FLIP enough? Or should we use the FLIPPED model instead?" *Computers & Education*, vol. 79, pp. 16–27, 2014.
- [17] M. B. Gilboy, S. Heinerichs, and G. Pazzaglia, "Enhancing student engagement using the flipped classroom," *Journal of Nutrition Education and Behavior*, vol. 47, no. 1, pp. 109–114, 2015.
- [18] J. Khanova, M. T. Roth, J. E. Rodgers, and J. E. McLaughlin, "Student experiences across multiple flipped courses in a single curriculum," *Medical Education*, vol. 49, no. 10, pp. 1038–1048, 2015.
- [19] G. S. Mason, T. R. Shuman, and K. E. Cook, "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, 2013.
- [20] T. Wanner and E. Palmer, "Personalising learning: Exploring student and teacher perceptions about flexible learning and assessment in a flipped university course," *Computers & Education*, vol. 88, pp. 354–369, 2015.