

Aula Invertida en la Educación de la Ingeniería en Tiempos de Pandemia

Felipe J. Torres¹, Mónica Trejo-Durán² y Juan Tinoco-Villagómez³

¹Departamento de Electrónica, DICIS Universidad de Guanajuato, fdj.torres@ugto.mx

²Departamento de Estudios Multidisciplinarios, DICIS Universidad de Guanajuato, mtrejo@ugto.mx

³Escuela de Nivel Medio Superior, Salamanca, Universidad de Guanajuato, jtinoco@ugto.mx

Abstract

This paper shows, from the professor view, an analysis of the learning results of the flipped-room, which is used as the main teaching strategy in courses of the engineering education during the Covid-19 pandemic. Professors typically are adapted to impart sessions in front of the students in an on-site modality by means of blackboard to build up mathematical procedures, analysis and design of circuits and more; now, they have to customize to the challenges given by the on-line or virtual mode. The development of the topics and evaluations have been achieved through learning and communication management platforms to implement the flipped-room like the main strategy. The learning results of these courses don't exhibit an increment on the student learning outcomes, moreover, a qualitative analysis of the type of evaluations manifests that the use of the flipped-room in the engineering education like the main teaching strategy might complement and encourage the students learning in the next hybrid modality.

Keywords: flipped-room, engineering education, Covid-19 pandemic, learning management.

Resumen

Este artículo presenta, desde la perspectiva del docente, un análisis del uso de aula invertida como estrategia principal de enseñanza en cursos de la educación de la ingeniería durante la pandemia Covid-19, con relación a los resultados de aprendizaje. Los profesores que habitualmente están acostumbrados a impartir clases frente a grupo o en modalidad presencial, haciendo uso de pizarrón para desarrollar procedimientos matemáticos, análisis y diseño de circuitos y sistemas, etc.; se han adaptado a los desafíos de la modalidad a distancia o virtual. El desarrollo de los temarios y las evaluaciones se ha llevado a cabo a través de plataformas para el aprendizaje y de comunicación para implementar el aula invertida como la estrategia principal. Los resultados de aprendizaje muestran que en estos cursos no se ha mostrado un incremento en los índices de aprobación, sin embargo, el análisis cualitativo de las evaluaciones realizadas permite establecer que el uso del aula invertida como estrategia

base en la educación de la ingeniería podría complementar el aprendizaje de los estudiantes en la próxima modalidad híbrida.

Palabras clave: aula invertida, educación de la ingeniería, pandemia Covid-19, gestión del aprendizaje.

1. Introducción

La pandemia de Covid-19 ha desencadenado enormes desafíos en todos los ámbitos de la vida y, de manera consecuente, una amplia gama de oportunidades para el crecimiento personal y social. En la educación, los retos se han vertido hacia la implementación de la modalidad virtual o a distancia para dar continuidad a los procesos de enseñanza-aprendizaje. Particularmente, en la educación de la ingeniería, es común encontrarse con testimonios de profesores que han invertido horas de esfuerzo y trabajo para adaptarse a la nueva modalidad.

El paradigma de la enseñanza tradicional, a través de la comunicación directa por medio de sesiones expositivas frente a grupo, con el uso del pizarrón para el desarrollo de procedimientos matemáticos, diseños de circuitos, etcétera, los cuales son comunes en los cursos de ingeniería; se ha desquebrajado en un corto tiempo. Ahora, el desarrollo temático y las evaluaciones deben realizarse de manera virtual, en la mayoría de los casos, con el uso del aula invertida como estrategia principal.

El objetivo de este artículo consiste en mostrar un análisis cuantitativo y cualitativo de los resultados de aprendizaje de la implementación del aula invertida en la educación de la ingeniería, con datos de distintos cursos, en una modalidad completamente virtual y bajo los desafíos que como sociedad se han afrontado durante el periodo de la pandemia de Covid-19.

2. Referentes teóricos

Desde antes de las restricciones ocasionadas por el Covid-19, se consideraba a la estrategia del aula invertida

como un modelo instruccional en donde los estudiantes aprenden el conocimiento básico de las materias sin reunirse en sesiones de clases presenciales (en línea), posteriormente, los estudiantes asistían a los salones de clase para generar experiencias de aprendizaje activo (Long et. al, 2016). A nivel mundial se comprendía de la necesidad de fortalecer a la educación superior de tal manera que se diera mayor atención a experiencias de aprendizaje conteniendo oportunidades de aprendizaje adaptables en línea; las Universidades deberían de crear cursos en línea y cambiar en ellos sus experiencias académicas; los cursos y programas deberían ser diseñados sobre la base de desarrollar investigación en el campo del aprendizaje en línea (Malik et. al, 2017).

Por tanto, el aula invertida fue ganando mayor aceptación entre los partidarios de la educación multimodal y asincrónico. En distintas áreas del conocimiento se desarrollaron estudios de caso en donde, en su gran mayoría, se registraba la percepción de los estudiantes del impacto del aula invertida en la apropiación de los conocimientos y saberes a través de estrategias síncronas y asíncronas. Sin embargo, particularmente se ha realizado un estudio de la literatura en relación al aula invertida en la educación de la ingeniería. Así, en Griffiths et. al (2016) se implementa el aula invertida en cursos de ingeniería en donde se aplica particularmente en un curso de programación introductorio con 80 estudiantes divididos en dos grupos, en la carrera de Ingeniería Civil Informática de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, a través del diseño y elaboración de un videotutorial como complemento, a manera de resumen, el cual puede ser visto en cualquier momento. Los resultados indican que los estudiantes a los que se les aplicó el aula invertida obtuvieron una mejora del 25% en su desempeño con respecto al grupo de estudiantes a quienes se les aplicó el modelo tradicional.

En Fúneme (2019), el aula invertida se implementa en el curso de cálculo diferencial conformado por 25 estudiantes de primer semestre de una universidad colombiana, la metodología usada consiste en que el profesor graba videos en YouTube sobre situaciones reales y aplica la derivada para explicarlos, posteriormente los estudiantes se organizan en equipos para abordar algunos problemas reales propuestos por el docente para que se aplique el concepto de derivada en su interpretación y, al final, se abre un espacio de discusión para conocer la opinión de los estudiantes; los cuales en su mayoría alcanzaron un buen dominio de conceptos y algoritmos, con una mayor capacidad de argumentación en los procesos desarrollados.

En Morón et. al, (2017) se hace uso de aula invertida en el curso de Física de la Escuela de Edificación de la Universidad Politécnica de Madrid; en la cual se destaca que los estudiantes interactúan más con el profesor en el aula, preguntando las dudas surgidas en casa, y respaldándose con el apoyo de los compañeros. Además, gracias a que el alumno debe esforzarse diariamente en comprender la asignatura de manera autónoma, actuando el profesor como

guía en el proceso enseñanza-aprendizaje, se consigue que los alumnos adquieran una mayor autonomía y asimilación de los contenidos.

Por último, en Verón et. al, (2021) se hace una revisión sistemática del aula invertida aplicada como estrategia didáctica para la generación de competencias y se resalta que, de 17389 artículos analizados, solo 18 se refieren a la implementación en la educación de la ingeniería. Las competencias mayormente referenciadas son: comunicación, autorregulación, trabajo en equipo, creatividad, entre otras; todas ellas competencias deseables de desarrollar en un estudiante universitario, que fueron incluidas en el proyecto de investigación en curso. En esta revisión se destaca como logros un aumento en la motivación de los alumnos, así como un notable mejoramiento del rendimiento académico.

Notar que, en la literatura consultada, el uso de aula invertida en la educación de la ingeniería ha sido una estrategia aplicada en la modalidad presencial, donde se llevaron a cabo sesiones entre profesor y estudiantes, lo cual incluye los aspectos socioemocionales que se pueden compartir y percibir a través de los sentidos humanos, situación que no es semejante a una modalidad totalmente virtual.

3. Metodología

La Universidad de Guanajuato (UG) de México, ha contado desde hace varios años con una plataforma para la educación multimodal, basada en Moodle, llamada Campus Digital. En esta plataforma, el profesor es habilitado como administrador y gestor de un aula virtual, con la finalidad de diseñar y desarrollar el/los curso(s) a impartir en la modalidad virtual o a distancia. Particularmente, durante el tiempo que se ha presentado la pandemia de Covid-19, esta plataforma ha sido básica para la impartición de los cursos que a continuación se detallan y que son diseñados por los autores de este artículo en Campus Digital de la UG, haciendo uso de la estrategia de aula invertida.

El número de estudiantes que se incluyen en el análisis de este trabajo son todos aquellos matriculados en cada uno de los semestres para cada curso. Es importante destacar que todos los estudiantes son evaluados con las mismas políticas, todos tienen las mismas oportunidades, por tanto, este trabajo no es una experimentación, es el reporte y análisis de resultados obtenidos antes y durante la pandemia.

Control Industrial

Es un curso que se ubica en el 8° semestre del programa de Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica (LIMT) de la División de Ingenierías Campus Irapuato-Salamanca (DICIS) de la UG. Consta de 11 temas: Introducción al control industrial, Sensores y dispositivos de medición industriales, Actuadores industriales y su control, Motores de corriente directa, Motores de corriente

alterna, Servomotores, Métodos de control de procesos, Principios de manejo de procesos, Protocolos y estándares, Requerimientos de seguridad y aplicaciones.

La metodología del uso de aula invertida es:

- Al inicio del semestre los estudiantes son contactados por el docente vía correo electrónico para indicarles que deben inscribirse al aula virtual correspondiente de Campus Digital.
- Una vez inscritos, desde el aula virtual se genera un enlace para una sesión síncrona por TEAMS.
- En esta primera sesión se hace el encuadre del curso, acordando los criterios y ponderación de la evaluación.
- Cada tema es mostrado a los estudiantes de manera cronológica y es desarrollado por medio de documentos, videos, enlaces a material en internet, etc. que son puestos en el aula virtual a disposición de los estudiantes en cualquier momento.
- Se acuerdan sesiones síncronas por TEAMS para disipar dudas y explicar con más detalle algunos aspectos que así sean considerados por los estudiantes.
- En el aula virtual se llevan a cabo cuestionarios de manera individual por cada tema visto, los cuales son habilitados durante 72 horas con un tiempo límite de 30 a 60 minutos a un solo intento.
- En cada tema se dispone de un foro para la exposición de dudas y/o comentarios, así como avisos generales.
- En la parte final del semestre, se forman grupos de estudiantes en el aula virtual para la entrega de un trabajo final.

En la Figura 1 se muestra el aspecto de cómo observan los estudiantes la estructura de los elementos en Campus Digital.

Figura 1. Pantalla que observa el estudiante del curso de Control Industrial en Campus Digital de la UG.



Ciencia de Materiales para Ingeniería

Este curso o Unidad de aprendizaje (UDA), se encuentra ubicado en el 2do semestre del programa de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica (LICE), departamento de Estudios Multidisciplinarios de la División de Ingenierías del Campus Irapuato Salamanca de la UG. Consta de 9 temas como son: Estructuras atómicas, Principios cristalográficos, Estructuras cristalinas, Impurezas,

Difusión, Propiedades eléctricas, Propiedades magnéticas, Propiedades térmicas y Propiedades ópticas.

Esta UDA se diseñó como aula invertida considerando una serie de actividades por tema como son:

- Primera sesión síncrona.
- Material de apoyo para el tema como presentaciones y videos con problemas resueltos.
- Una consigna (mapa conceptual, resumen, ensayo, investigación, etc.), un examen teórico (de opción múltiple) y una segunda sesión síncrona,
- Una consigna de solución de problemas y un examen de problemas, además de una tercera sesión síncrona, adicionalmente la lectura de un artículo para el trabajo final.

El profesor contacta a los alumnos por medio de correo electrónico a una sesión por TEAMS, donde presenta la metodología de trabajo durante el curso, discuten las políticas de evaluación y les presenta el curso en el SUME o aula digital, donde les muestra la bienvenida al curso, material de apoyo y la calendarización de trabajo. Además de un trabajo final que consiste en un ensayo de 11 lecturas de artículos relacionados con cada tema y un video de 3 minutos exponiendo la relación entre los artículos y los temas del curso.

En la Figura 2 se observa una parte del aula digital de la UDA de Ciencia de Materiales para Ingeniería, donde se ven las actividades que se mencionan anteriormente.

Figura 2. Pantalla que observa el estudiante del curso de Ciencia de Materiales para Ingeniería en Campus Digital de la UG.



4. Resultados

Es importante destacar que la evaluación no es el fin del proceso de enseñanza-aprendizaje, sin embargo, es un requerimiento para la acreditación de los cursos, aún más, es el instrumento que permite conocer la apropiación de conocimientos, habilidades y saberes por parte del estudiante en una escala cuantificable, clara y objetiva por medio de rúbricas, guías de observación y listas de cotejo. Un aspecto importante en la evaluación está relacionado a la honestidad por parte de los estudiantes, así, en la modalidad presencial el docente puede identificar aquellas situaciones indebidas, mientras que, en la modalidad virtual se dificulta notablemente la supervisión, además de utilizar modelos de evaluación basados en opción múltiple, falso o verdadero, etc.

Evaluación en Control Industrial

En la modalidad presencial, hasta antes del inicio de la pandemia de Covid-19, la evaluación en el curso de control industrial estaba sujeta a los criterios detallados en la Tabla 1, los cuales fueron acordados con el grupo durante el encuadre del curso.

Tabla 1. Criterios de evaluación en modalidad presencial del curso de control industrial.

Criterio	Ponderación	Detalles
Tareas	30 %	Elaboradas en equipo de 5 integrantes, escritas a mano, usando tinta negra/ azul, en hojas blancas tamaño carta y sujetas al instrumento de evaluación correspondiente.
Proyecto: 1ª etapa	15 %	El proyecto es realizado en equipo de 5 integrantes, de manera experimental, se entrega un reporte técnico del avance, utilizando procesador de texto, y exposición frente a grupo. Sujeto a instrumentos de evaluación correspondiente.
Proyecto: 2ª etapa	15 %	Igual que en la sección anterior.
Proyecto: etapa final	40 %	Además de lo mencionado en la sección de la primera etapa, demostración de la puesta en marcha del proyecto funcionando correctamente.

En la modalidad virtual, con el objetivo de implementar la estrategia de aula invertida, los criterios de evaluación y ponderación, que igualmente fueron acordados con el grupo durante la sesión por TEAMS del encuadre del curso, son los que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Criterios de evaluación en modalidad virtual del curso de control industrial.

Criterio	Ponderación	Detalles
Cuestionarios	60 %	Un cuestionario de manera individual por cada tema, de forma asíncrona por medio de Campus Digital, habilitado durante 72 horas con un tiempo límite a un solo intento. Basados en opción múltiple, falso o verdadero y relacionar columnas.
Propuesta de proyecto de aplicación de control industrial	30 %	Elaborado en equipo de 5 integrantes, entrega de reporte usando editor de texto a través de Campus Digital y sujeto al instrumento de evaluación correspondiente.
Asistencia a las sesiones síncronas	10 %	Con la intención de disipar las dudas que se generarán y mantener una comunicación efectiva con los estudiantes.

Es importante notar que el proyecto en la modalidad presencial se debía desarrollar de manera práctica con resultados experimentales, en contraste, por las condiciones propias de la pandemia de Covid-19, en la modalidad virtual con el uso de aula invertida se delimitó a elaborar una propuesta de proyecto.

Evaluación en Ciencia de Materiales para Ingeniería

Para esta UDA de forma presencial o virtual, los criterios de evaluación se acuerdan con los estudiantes, los porcentajes varían poco (5 % en cada rubro) con cada grupo de alumnos con respecto a los que se presentan a continuación. En la Tabla 3, se encuentran los criterios detallados para un curso en forma presencial y en la Tabla 4, se encuentran los criterios detallados para un curso en forma virtual.

Tabla 3. Criterios de evaluación en modalidad presencial del curso de ciencia de materiales para ingeniería.

Criterio	Ponderación	Detalles
Tareas	20 %	Solución de problemas, cabe mencionar que solo se considera la entrega.
Exámenes	60 %	3 evaluaciones parciales
Participaciones	0.1 de punto	Estas participaciones son decimas de puntos extra para la calificación de las valuaciones parciales
Proyecto o presentación final	20 %	Un trabajo de exposición de los temas vistos en clase, por equipo (depende del número de estudiantes que haya en el aula) y se evalúa mediante una rubrica

Tabla 4. Criterios de evaluación en modalidad virtual del curso de ciencia de materiales para ingeniería.

Criterio	Ponderación	Detalles
Consignas	20 %	20 consignas.
Exámenes	60 %	20 evaluaciones parciales, 10 teóricas y 10 de problemas
Proyecto o presentación final	20 %	Un ensayo sobre los temas vistos en clase relacionados con los artículos que se facilitaron para la lectura, un video de 3 minutos y se evalúa mediante una rubrica

5. Discusión

La comparación de los resultados de aprendizaje del curso de control industrial se presenta en la Tabla 5, donde se aprecia que, en la modalidad virtual y aplicando aula invertida, en tiempos de pandemia de Covid-19, el índice de aprobación y el promedio general es menor respecto a los resultados obtenidos durante la modalidad presencial.

Tabla 5. Comparación de resultados de aprendizaje del curso de control industrial.

Semestre	% Aprobación	Promedio general
Agosto-Diciembre 2019, modalidad presencial, 35 estudiantes.	100 %	9.4
Agosto-Diciembre 2020, modalidad virtual, 31 estudiantes.	83.87 %	8.1

En lo que respecta a la UDA de Ciencia de Materiales para ingeniera, presentamos en la Tabla 6, los resultados de los alumnos obtenidos en cursos de manera presencial y virtual.

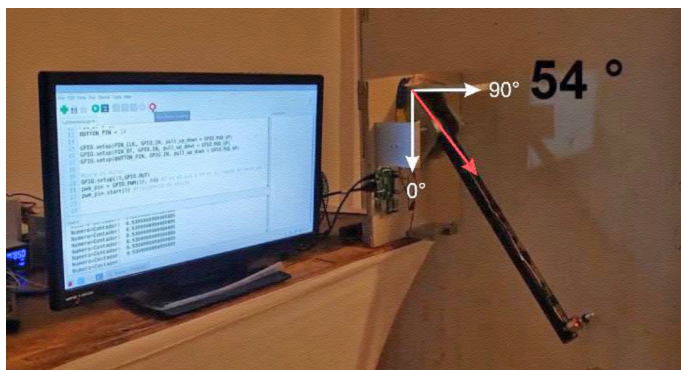
Tabla 6. Comparación de resultados de aprendizaje del curso de ciencia de materiales para ingeniería.

Semestre	% Aprobación	Promedio general
Agosto-Diciembre 2017, modalidad presencial, 9 estudiantes.	44.44 %	6.33
Agosto-Diciembre 2018, modalidad presencial, 7 estudiantes.	57.14 %	6.14
Agosto-Diciembre 2019, modalidad presencial, 11 estudiantes	81.82%	7.6
Enero- Junio 2020, inicio pandemia, termina en modalidad virtual, 7 estudiantes	66.67%	6.75
Agosto-Diciembre 2020, modalidad virtual, 5 estudiantes.	40.00%	6.5
Enero- Junio 2021, modalidad virtual, 8 estudiantes	25.00%	5.75

Como se puede apreciar en curso presencial, el porcentaje de aprobados es 20% más que en modalidad virtual, esto puede deberse a una carga de consignas en la forma virtual mayor que en la forma presencial, por lo que un ajuste en la estrategia podría dar mejores resultados.

Además, la comparación de los criterios de evaluación y ponderación usados en cada una de las modalidades, permite determinar que los estudiantes requieren de la presencialidad en cursos de la educación de la ingeniería donde se necesita poner en práctica los conocimientos adquiridos. Por ejemplo, en la modalidad presencial del curso de Control Industrial, como parte del proyecto a evaluar, se diseñó, construyó y probó experimentalmente un prototipo relacionado a la implementación del control, como se observa en la Figura 3. Este trabajo desarrollado por un equipo de 5 integrantes, fue posteriormente presentado en un congreso internacional.

Figura 3. Prototipo de implementación de control industrial como proyecto de evaluación.



6. Conclusiones

La educación de la ingeniería es un proceso de enseñanza-aprendizaje donde el desarrollo de proyectos prácticos es fundamental para la obtención de conocimientos, saberes y habilidades. Los resultados obtenidos después de la aplicación del aula invertida nos permiten concluir que no basta la elaboración de material temático y de sesiones para disipar dudas; más bien, debe considerarse toda la infraestructura tecnológica de laboratorios y máquinas-herramienta disponible en los centros educativos que la modalidad presencial permite utilizar, para que los estudiantes de la educación en ingenierías adquieran los conocimientos teóricos y prácticos que fundamentalmente necesitan.

Los profesores aprendimos a utilizar aulas virtuales y logramos la adaptación del contenido de cada curso a un formato que los alumnos pudieran seguir de manera autónoma, permitiendo su aceptación de manera rápida al nuevo esquema de enseñanza-aprendizaje. Sin embargo, es necesario revisar y actualizar continuamente los formatos de los cursos virtuales e irlos moldeando en función de las necesidades de los nuevos grupos como, por ejemplo, revisar extensión de tareas, objetividad de los cuestionarios y exámenes, carga de trabajo en el alumno, por mencionar algunos elementos.

El retorno gradual a la presencialidad, permitirá potencializar las capacidades del aula invertida en la educación de la ingeniería y mejorar los resultados de aprendizaje obtenidos en este proyecto. Bajo la nueva modalidad híbrida, las sesiones presenciales complementarán de mejor manera el trabajo realizado por el profesor durante este tiempo de pandemia, material que se puede mantener disponible en los entornos virtuales. Así, con base en la actual experiencia de la aplicación de la estrategia del aula invertida, y bajo la expectativa de continuar con una modalidad híbrida, se propone mejorarla, fomentando la participación activa de los alumnos a través de un esquema basado en proyectos que incremente los indicadores de aprovechamiento y/o desempeño de los estudiantes. En trabajos futuros se detallará un análisis de los resultados de aprendizaje que se obtengan.

7. Referencias

- Fúneme-Mateus, C. C. (2019). El aula invertida y la construcción de conocimiento en matemáticas. El caso de las aplicaciones de la derivada. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (45), 159-174.
- Griffiths, L., Villarroel, R., y Ibacache, D. (2016). Implementación del modelo de aula Invertida para el aprendizaje activo de la programación en ingeniería. En XXIX Congreso Chileno de Educación en Ingeniería SOCHEDI.
- Long, T., Cummins, J., & Waugh, M. (2017). Use of the flipped classroom instructional model in higher education: instructors' perspectives. *Journal of computing in higher education*, 29(2), 179-200.
- Malik, M., y Fatima, G. (2017). E-Learning: Students' Perspectives about Asynchronous and Synchronous Resources at Higher Education Level. *Bulletin of Education and Research*, 39(2), 183-195.
- Morón, C., Ferrández, D., y Muñoz, F. (2017). Aplicación de la metodología flipped classroom (o aula invertida) para enseñanza de la física en la edificación. Universidad Politécnica de Madrid, 2017.
- Verón, V. C. S., Marín, M. B., y Barrios, T. H. (2021). El aula invertida como estrategia didáctica para la generación de competencias: una revisión sistemática. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 24(2), 285-308.