

OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS UTILIZANDO LABORATORIOS VIRTUALES DE ESTADÍSTICA

OPTIMIZATION OF PRODUCTIVE PROCESSES USING STATISTICS VIRTUAL LABORATORIES

A. M. García León¹
F. J. Cerino Córdova²
M. T. Castillo Escobedo³

RESUMEN

En el presente artículo se estudia la implementación de laboratorios virtuales como una estrategia efectiva para la enseñanza y la práctica de la probabilidad y estadística en programas educativos de Ingeniería. La resolución de casos de estudios fue realizada en sesiones de laboratorios virtuales guiadas por el profesor, para mostrar a los estudiantes el uso del software, con el fin de que adquieran la habilidad necesaria para poder utilizarlo en un proyecto integrador de aprendizaje al final del curso. Los resultados obtenidos demostraron que las calificaciones promedio obtenidas por los estudiantes en los proyectos integradores de aprendizaje son de 6 a 21 puntos porcentuales superiores a las calificaciones finales del curso. Por otra parte, se observa que los índices de reprobación aumentaron considerablemente en el segundo periodo escolar (agosto 2020 – enero 2021), independientemente de la unidad de aprendizaje, debido posiblemente al confinamiento prolongado que han sufrido los estudiantes. Además, se demostró que los laboratorios virtuales apoyan y motivan a los estudiantes a aplicar los conocimientos teóricos, permitiéndoles desarrollar la habilidad de pensamiento crítico, de toma de decisiones, de comunicación interpersonal y de expresión oral y escrita, entre otros. Finalmente, se concluye que los laboratorios virtuales son una estrategia de aprendizaje efectiva para su implementación de cursos en línea que requieran mejorar procesos mediante el análisis e interpretación de datos de procesos productivos reales.

ABSTRACT

In this article, the implementation of virtual laboratories was studied as an effective strategy for teaching probability and statistics in educational engineering programs. The solving of case studies was carried out in virtual laboratory sessions, guided by the teacher, who shows the use of the software to students. This allows them to acquire the necessary skills to use the virtual lab in a final project. The results obtained showed that the average grades obtained by the students in the final projects were 6 to 21 percentage higher than the final grades of the course. On the other hand, it was observed that the failure rates increased considerably in the second school period (August 2020 – January 2021), independently of the course, it could be due to the prolonged confinement that students have suffered on Covid-19 pandemic. In addition, it was demonstrated that virtual laboratories improved student motivation to apply theoretical knowledge, allowing them to develop the skills of critical thinking, decision-making, interpersonal communication and oral and written expression, among others. Finally, it was concluded that virtual laboratories are an effective learning strategy for the implementation of online courses that require improving processes through the analysis and interpretation of data from real production processes.

ANTECEDENTES

La pandemia mundial que se vive, actualmente, representó un enorme reto para las instituciones de educación superior, tanto nacionales como internacionales, las cuales se

¹ Profesor – Investigador de la Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Nuevo León. azucenamgl@yahoo.fr

² Profesor – Investigador de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Universidad Autónoma de Nuevo León. felipejccuanl@yahoo.com.mx.

³ Profesor de la Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Nuevo León. maria.castilloes@uanl.edu.mx.

vieron en la necesidad de responder de manera rápida a la digitalización de sus procesos administrativos y educativos. Por su parte, los profesores y estudiantes debieron adaptarse, en pocos meses, al cambio en el proceso de enseñanza aprendizaje de los cursos impartidos de manera tradicional (presenciales) a cursos de educación a distancia (Bao, 2020; Felder y Brent, 2016).

Los cursos de Ciencias, Tecnología, Matemáticas e Ingeniería (STEM, por su siglas en inglés) son, generalmente, impartidos de manera presencial y su emigración a cursos de educación a distancia presenta ciertas dificultades, tales como: la limitada infraestructura de las universidades, la escasa preparación de los profesores en el uso de herramientas digitales, la falta de experiencia para la implementación de actividades de aprendizajes diferentes a la empleadas en los cursos presenciales, las limitaciones de acceso a internet por los estudiantes, entre otras. Sin embargo, el estudio realizado por Myers y Schiltz (2012) para evaluar la factibilidad del aprendizaje en línea de cursos de estadística demostró que, al utilizar actividades síncronas, utilizando la plataforma Elluminate, resultó en un incremento de 11 y 16 % del aprendizaje con respecto a otros cursos en línea utilizando mensajes de texto en vivo y cursos presenciales.

Por otra parte, el estudio realizado por Yang (2017) demostró que, para el logro de los objetivos educacionales es necesario incluir diferentes estrategias de aprendizaje en los cursos en línea, tales como:

- a) la implementación de actividades de comunicación síncronas y asíncronas que promuevan la interacción entre el estudiante y el profesor, el contenido del curso y el estudiante, así como la interacción entre los estudiantes;
- b) la aplicación de conceptos mediante el aprendizaje basado en problemas y casos de estudio;
- c) el uso de videos que ayuden a mejorar el entendimiento de los conceptos y que demuestren la utilización de herramientas computacionales;
- d) la transmisión de una fuerte presencia social o sentido de pertenencia a una comunidad de aprendizaje.

Estas estrategias de aprendizaje han mostrado ser útiles en los cursos en línea, por lo que, fueron consideradas para su inclusión dentro de las unidades de aprendizaje de los diferentes programas educativos de ingeniería de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL).

Es importante mencionar que, estas estrategias contribuyen al logro de las competencias que requieren los egresados de los programas de ingeniería para su inserción en el mundo laboral (Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería [CACEI], 2018; Accreditation Board for Engineering and Technology [ABET], 2017), las cuales son consideradas en los procesos de acreditación por los organismos acreditadores nacionales e internacionales (ABET, CACEI, EUR-ACE, entre otros).

En el caso de los programas educativos de ingeniería de la UANL, éstos pueden incluir dentro de su plan de estudios las unidades de aprendizaje (UAs) de probabilidad y estadística y estadística y diseño de experimentos. Estas UAs tienen como objetivos principales que los estudiantes sean capaces de aplicar los conceptos en la resolución de problemas ingenieriles;

además, de utilizar criterios ingenieriles para obtener conclusiones del análisis de datos obtenidos a partir de experimentos diseñados y realizados de manera apropiada.

Ante la necesidad de que los estudiantes de ingeniería puedan adquirir un aprendizaje significativo de la aplicación de conceptos teóricos en el análisis, resolución de problemas y mejora de procesos productivos a través de casos de estudio, se presenta una estrategia innovadora. Además, tomando en consideración la imposibilidad de regresar físicamente a las aulas, en este artículo se presenta como estrategia de aprendizaje significativo para cursos en línea, la implementación de un laboratorio virtual para la resolución de casos de estudios en las unidades de aprendizajes de probabilidad y estadística (PyE) y estadística y diseño de experimentos (EyDE).

METODOLOGÍA

El aprendizaje significativo de los estudiantes en el aula virtual se realiza a través de casos de estudio a fin de comprender, profundizar y aplicar los conceptos y herramientas de temas sobre probabilidad y estadística. La resolución de los casos de estudio se realiza en tres etapas. En la primera etapa, los estudiantes resuelven los casos a través de cálculos, siguiendo el desarrollo de la metodología paso a paso. En la segunda etapa, los estudiantes resuelven los casos de estudios en un laboratorio virtual a través de software especializado en estadística. Finalmente, en la tercera etapa, los estudiantes desarrollan un proyecto integrador de aprendizaje usando softwares especializados en estadística.

La primera etapa, consiste en la explicación de los conceptos teóricos por parte del profesor. Los conceptos teóricos dependerán del curso a impartir; por ejemplo, estadística descriptiva, distribuciones de probabilidad discretas y continuas, pruebas de hipótesis e intervalos de confianza, regresión lineal simple y múltiple, regresión polinomial, diseños de experimentos factoriales, diseños 2^k , diseños en bloques, diseños fraccionados, diseños ortogonales, gráficos de superficie de respuesta y de contornos, entre otros.

Enseguida, el profesor en conjunto con los estudiantes, dan lectura a un caso de estudio a fin de comprender la problemática planteada y proponer una estrategia de solución. Posteriormente, los estudiantes guiados por el profesor resuelven de manera tradicional el caso de estudio; es decir, desarrollan de manera detallada los procedimientos a mano. Esta actividad, permite que los estudiantes entiendan la aplicación de los conceptos teóricos en situaciones reales.

La segunda etapa consiste en la resolución de los casos de estudios en laboratorios virtuales utilizando softwares especializados en estadística. En estas sesiones, el profesor muestra a los estudiantes la utilización del software. En caso de que los estudiantes tengan instalado el software en su computadora o iPad, ellos pueden también resolverlo de manera simultánea con el profesor.

En las primeras sesiones de los laboratorios virtuales, el profesor explica los softwares computacionales especializados a utilizar en los casos de estudio: Excel, minitab y design expert. En estas sesiones se revisan los menús y herramientas que contienen los softwares, en qué situaciones se aplican, cuáles son sus alcances y sus limitaciones. Enseguida,

dependiendo del caso de estudio, los estudiantes determinan cuál es la mejor herramienta computacional para solucionar el caso de estudio.

Posteriormente, el profesor va explicando los pasos para resolver el o los casos de estudio. Los estudiantes y el profesor de manera simultánea capturan los datos, realizan la simulación, visualizan los resultados mediante los gráficos obtenidos. Enseguida, se validan los resultados obtenidos en el laboratorio virtual, comparándolos con los obtenidos en la primera etapa, cuando el caso de estudio fue resuelto a mano. Finalmente, de manera conjunta el profesor y los estudiantes analizan los resultados obtenidos, establecen conclusiones y proponen posibles toma de decisiones para los sistemas productivos estudiados.

En la tercera y última etapa, los estudiantes en equipo (de 3 a 4 miembros) proponen un proyecto final, cuyo objetivo es optimizar un proceso productivo real de una organización o de la vida cotidiana. La resolución del caso de estudio se desarrolla a través de los softwares computacionales especializados utilizados en las sesiones de clases virtuales. Durante el desarrollo del proyecto, el profesor realiza el seguimiento de avances periódicos (de una a dos veces por semana), durante aproximadamente un mes o mes y medio. El seguimiento de los proyectos se realiza en las sesiones de clases virtuales, en donde todos los estudiantes se encuentran presentes, de manera que puedan aprender sobre otros procesos que están siendo abordados por sus compañeros.

En las sesiones virtuales de los proyectos, el profesor retroalimenta los análisis, las conclusiones y las aportaciones o recomendaciones hechas para la mejora de los procesos productivos. Asimismo, el laboratorio virtual permite practicar los softwares especializados que son de uso común en el mercado laboral al cual se insertarán los egresados de los programas educativos de ingeniería.

RESULTADOS

En este estudio se revisaron los resultados obtenidos de tres a cuatro grupos de los últimos dos periodos escolares, enero a junio 2020 y agosto 2020 a enero 2021, durante los cuales las clases fueron realizadas de manera virtual debido a la pandemia de Covid-19.

Las unidades de aprendizaje analizadas en este artículo fueron: Probabilidad y Estadística (PyE) y Estadística y Diseño de Experimentos (EyDE), las cuales son impartidas en programas educativos de Ingeniería de la UANL. Estas UAs son generalmente ubicadas en la parte intermedia de la formación académica de los estudiantes.

Los laboratorios virtuales, utilizando software estadístico especializado, durante el desarrollo del curso van aumentando en complejidad en las actividades y proyectos, finalizando con un proyecto integrador de aprendizaje realizado por equipo. Es importante mencionar que, el dominio y éxito del laboratorio virtual fue altamente dependiente de la forma en que el profesor planea la sesión virtual y modera la interacción con y entre los estudiantes.

Los laboratorios virtuales, en primera instancia, permitieron a los estudiantes adquirir la seguridad que sus resultados obtenidos en la resolución a mano del caso de estudio habían sido correctos. Esto les permitió a los estudiantes una comprensión más amplia de los conceptos teóricos, así como su importancia en la resolución de casos de estudios utilizando

softwares estadísticos especializados. Además, la utilización de softwares permite la resolución más rápida de casos de estudios de procesos reales, en donde se manejan una mayor cantidad de datos. Adicionalmente, los softwares especializados permiten generar gráficos complejos que requieren demasiados cálculos, facilitando de esta manera el análisis y la obtención de conclusiones.

Durante el desarrollo del proyecto los alumnos debieron adaptarse a una nueva forma de trabajo colaborativo (Kefalis y Drigas, 2019), dado que ésta fue realizada en línea mediante mensaje de texto y sesiones virtuales. Es importante mencionar que el proyecto fue documentado de manera detallada, siguiendo los lineamientos de una tesina científica. Por lo tanto, con el desarrollo del proyecto se potencializa la construcción del conocimiento científico.

Las calificaciones promedio de las unidades de aprendizaje y los proyectos integradores de aprendizaje por grupo en dos periodos escolares, se presentan en la Figura 1, siendo la calificación mínima aprobatoria de las UAs de 70. Los resultados obtenidos por los estudiantes en las calificaciones promedio de los proyectos integradores de aprendizaje, se encuentran de 6 a 21 puntos porcentuales fueron superiores con respecto a las calificaciones finales obtenidas por los estudiantes en las UAs analizadas en este artículo.

Los resultados obtenidos demuestran que, los laboratorios virtuales apoyan y motivan a los estudiantes a aplicar de forma efectiva los conocimientos teóricos vistos en las sesiones de clase virtual y, al mismo tiempo, les permite aplicar el pensamiento crítico en el análisis de resultados obtenidos en el proyecto integrador de aprendizaje.

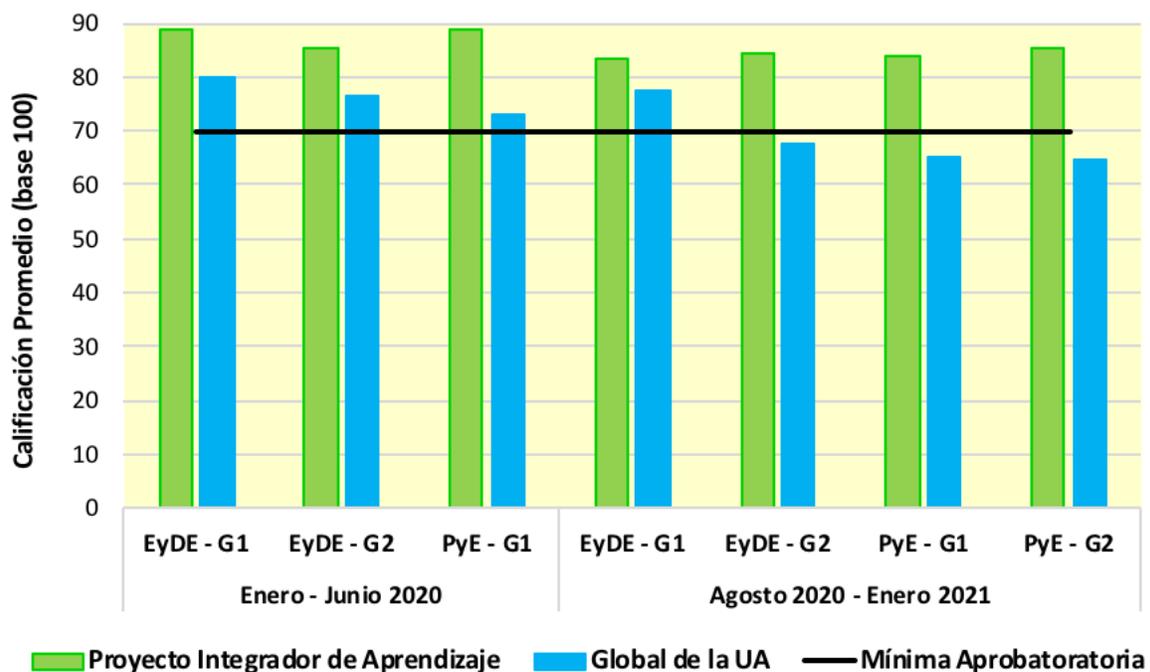


Figura 1. Comparación de las calificaciones promedio por grupo de la UA y del PIA

El índice promedio de reprobación de dos periodos escolares cursados durante la pandemia de Covid-19, se muestra en la Figura 2. Se observa que las unidades de aprendizaje de Probabilidad y Estadística (PyE) son más altas con respecto a las de Estadística y Diseño de Experimentos (EyDE) dentro de los periodos escolares. Esto se debe a la dificultad que tienen los estudiantes para visualizar los conceptos complejos de la UA de PyE, aunque los cálculos sean más sencillos de realizar con respecto a la UA de EyDE

Por otra parte, se observa en esta figura, que los índices de reprobación aumentaron de forma considerable en el segundo periodo escolar de agosto 2020 a enero 2021, independientemente de la UA. El aumento en los índices se debe posiblemente al confinamiento prolongado por el que han estado sometidos los estudiantes, dado que, en las sesiones virtuales se ha observado desinterés y falta de motivación, con muy poca participación por parte de los estudiantes.

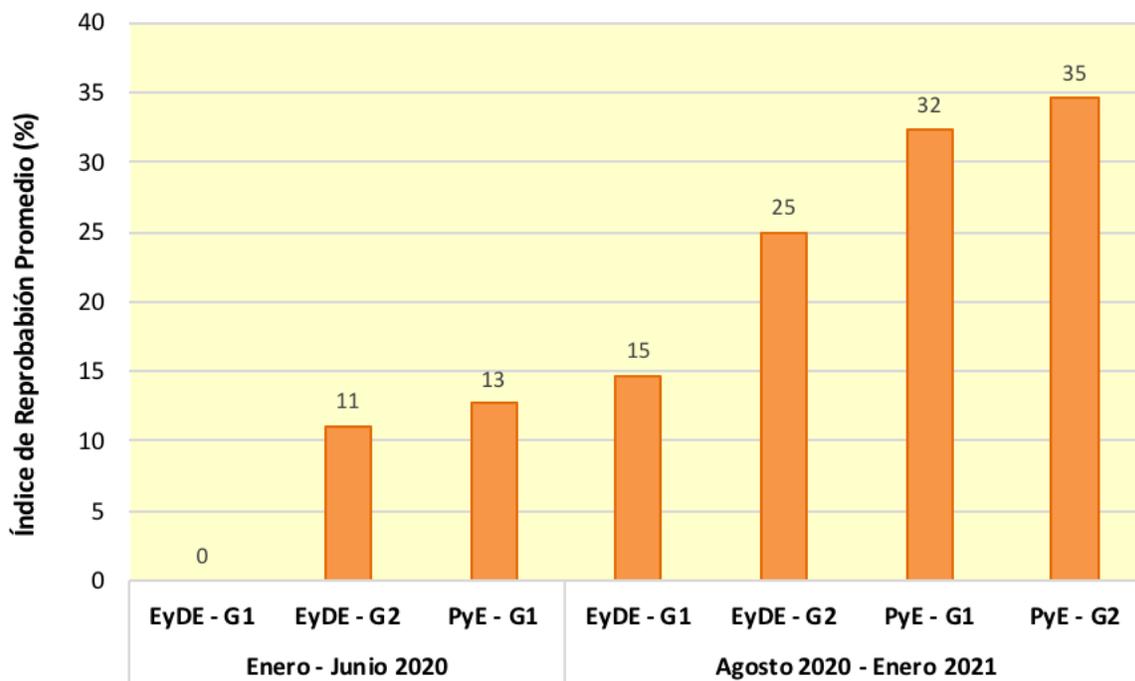


Figura 2. *Índices promedio de reprobación por grupo en los periodos escolares*

Los laboratorios virtuales con software especializado facilitaron a los estudiantes la observación de los datos mediante gráficas y el análisis de los resultados, permitiéndoles la toma de decisiones con respecto al proceso productivo en estudio. Este proceso de enseñanza-aprendizaje propició que los estudiantes desarrollen diferentes habilidades y competencias, tales como:

- Pensamiento crítico, dado que el estudiante debe determinar la solución óptima al discriminar entre los posibles resultados obtenidos.
- Toma de decisiones, para la solución o mejora de las áreas de oportunidad de procesos productivos reales.

- Comunicación interpersonal, el proyecto integrador de aprendizaje requirió que los estudiantes experimenten una nueva manera de realizar trabajos colaborativos con el fin de cumplir con los lineamientos establecidos para el proyecto integrador.
- Pensamiento científico, el desarrollo del proyecto integrador de aprendizaje se realizó a través del método científico y la documentación detallada del proyecto tiene una estructura de tesina.
- Expresión oral y escrita, debido a que los estudiantes debieron explicar sus proyectos en las sesiones de laboratorios virtuales de seguimiento de proyectos, así como, en la escritura del documento detallado.

Finalmente, los laboratorios virtuales permitieron a los estudiantes reducir los tiempos de manejo de datos y de análisis de resultados.

CONCLUSIONES

La educación de la Probabilidad y Estadística en línea o a distancia, durante la pandemia por Covid-19, requirió transformar la interacción profesor-estudiante, para lo cual fue necesario incorporar nuevas estrategias de enseñanza-aprendizaje. La implementación de laboratorios virtuales en las unidades de aprendizaje relacionadas con la probabilidad y estadística resultó una estrategia efectiva para la adquisición de aprendizajes significativos.

Por otra parte, los laboratorios virtuales les facilitaron a los estudiantes la apropiación conceptual de los temas e incrementaron el entendimiento analítico de los procesos productivos. Adicionalmente, los laboratorios virtuales permitieron desarrollar en los estudiantes las habilidades de pensamiento crítico y científico, de toma de decisiones, de comunicación interpersonal y de expresión oral y escrita, entre otros. Asimismo, esta actividad fortalece en los estudiantes valores, actitudes positivas y habilidades blandas que les serán indispensables, a fin de que su ejercicio profesional sea ético y responsable.

Finalmente, los laboratorios virtuales pueden ser estrategias efectivas para su implementación en cursos en líneas de diversas disciplinas.

BIBLIOGRAFÍA

- Accreditation Board for Engineering and Technology (2017). *Criteria for accrediting engineering technology programs. 2018 - 2019*.
<https://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/criteria-for-accrediting-engineering-technology-programs-2018-2019/#GC3>
- Bao, W. (2020). COVID-19 and online teaching in higher education: A case study of Peking University. *Human Behaviour & Emerging Technologies*, 2:113-115.
<https://doi.org/10.1002/hbe2.191>
- Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería (2018). *Marco de Referencia 2018 del CACEI en el Contexto Internacional*. México: CACEI.
http://cacei.org.mx/docs/marco_ing_2018.pdf
- Felder, R., & Brent, R. (2016). *Teaching and learning STEM* (1st ed.). Jossey-Bass

- Kefalis, C., Drigas A. (2019). Web Based and Online Applications in STEM Education. *International Journal of Engineering Pedagogy*, vol. 9(4), pp. 76-85. <https://doi.org/10.3991/ijep.v9i4.10691>
- Myers, M. & Schiltz, P. (2012). Use of Elluminate in online teaching of statistics in the health sciences. *Journal of Research in Innovative Teaching*, vol. 5(1), 53–62. <https://research.phoenix.edu/michael-myers/publication/use-illuminate-online-teaching-statistics-health-sciences>
- Yang, D. (2017). Instructional strategies and course design for teaching statistics online: perspectives from online students. *International Journal of STEM Education*; 4(1), 1-15. doi: 10.1186/s40594-017-0096-x.