

Modelos físicos como aprendizaje basado en proyectos en mecánica de suelos en tiempos de Covid-19

Physical models as project-based learning in soil mechanics in the times of Covid-19

Lady Sofía Rodríguez Cuervo*



Resumen

La pandemia del COVID-19 planteó retos en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la educación superior, considerando que en los últimos años se han generado nuevas propuestas de modelos pedagógicos donde el estudiante es el centro del aprendizaje. Este trabajo presenta la aplicabilidad de la estrategia de aprendizaje basado en proyectos para comprender el concepto de flujo unidimensional en la asignatura de mecánica de suelos por medio de la creación de modelos físicos de permeabilidad a cabeza variable con los materiales disponibles por el estudiante y que permita la recopilación de datos. Esta investigación tuvo una muestra de 58 modelos creados por estudiantes de forma individual siguiendo una secuencia metodológica. El proyecto duro un mes y fue evaluado usando una rúbrica de evaluación que considero siete criterios que involucro todo el proceso desarrollado. Los resultados mostraron que el 84.5% de los estudiantes demostraron la comprensión total del concepto de flujo unidimensional, el cálculo del coeficiente de permeabilidad, la importancia de los materiales a usar y la versatilidad para diseñar modelos adaptables a sitios remotos y con bajo presupuesto, pero un 15.5% tuvieron dificultades relacionando la teoría con el proceso de diseño del modelo. Los estudiantes reconocieron que esta estrategia facilita el proceso de

Doctora. Fundación Universitaria Agraria de Colombia
Bogotá D.C., Colombia. ORCID. <http://orcid.org/0000-0003-0349-3077> Email. rodriguez.lady@uniagraria.edu.co

Sinergias educativas

Octubre - Diciembre Vol. 5 – 4 2020
<http://sinergiaseducativas.mx/index.php/revista/>
eISSN: 2661-6661
revistasinergia@soyuo.mx
Pag 35 - 51
Recibido: 23 de abril 2020
Aprobado: 19 de julio 2020

aprendizaje e investigación, desarrolla el ingenio y es un ejemplo real de aplicación de la teoría más allá del aula de clase.

Palabras clave: modelos físicos, aprendizaje, proyectos, permeabilidad, estudiante.

Abstract

The COVID-19 pandemic brought out challenges in the teaching and learning process of higher education, considering that in the last years are been generated new proposals of pedagogical models, where the student is the center of learning. This work presents the applicability of the learning strategy based on projects to comprehend the concept of one-dimensional flow in the subject of soil mechanics by means of creating physical models of falling head permeability with the available materials by the student, and these allow collecting data. This research had a sample of 58 models created by students in the individual way following a methodological sequence. The project lasted one month, and it was assessed using an evaluation rubric that considered seven criteria that involve all process developed. The results showed that 84.5% of students demonstrated total comprehension of the one-dimensional flow concept, the calculation of permeability coefficient, the importance of the materials to use and the versatility for designing adaptable models to remote sites and with low budget, but 15.5% of students had difficulties connecting the theory with the process of designing a model. The students recognized that this strategy made easier the learning and researching process, develop ingenuity and, it is a real example of application theory beyond the classroom.

Key words: physic models, learning, projects, permeability, student.

Introducción

La pandemia del COVID-19 ha impactado a nivel mundial los sectores económicos, sociales, deportivos, educativos, entre otros, donde la enseñanza universitaria no contaba con la preparación para atender este tipo de circunstancias. De forma inesperada en marzo de 2020, las universidades colombianas debieron cerrar sus instalaciones y en tiempo récord generar estrategias de enseñanza y aprendizaje para continuar con su objetivo misional - la formación de profesionales al servicio de la sociedad - mediante la implementación de herramientas remotas y mediadas que permitieran continuar la dinámica académica, sin embargo, se

presentaban limitaciones en cuanto a garantizar que todos los estudiantes tuvieran acceso a una conexión, la limitada banda de ancha y las barreras propias de la enseñanza en los países latinoamericanos (Morgan, 2020; Rosa, Tam, Vargas, Saavedra, & Olortegui, 2020).

La asignatura de mecánica de suelos forma parte de los componentes disciplinares del pregrado en ingeniería civil de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia (sede Bogotá), cuyo objeto es lograr competencias en los estudiantes para evaluar el desempeño de un depósito de suelo en condiciones naturales, sometido a efectos propios o acciones de agentes externos, de acuerdo con sus propiedades índice, condiciones de flujo, deformación y resistencia. La asignatura cuenta con un componente teórico- práctico, alrededor del 20% del trabajo académico está destinado a la realización de ensayos de laboratorio que permiten la asimilación de los conceptos adquiridos, aplicación de normatividad y puesta en práctica la teoría (Colmenares, Héndez, & Celis, 2016).

En el momento de suspensión de clases, la asignatura se encontraba en las sesiones programadas para el tema de flujo unidimensional. Ante la nueva realidad impuesta por el COVID-19 se plantea el interrogante, ¿qué estrategia de aprendizaje se adapta al contexto de la pandemia por COVID-19 para facilitar que los estudiantes de mecánica de suelos comprendan el concepto de flujo unidimensional? Aparece como hipótesis el aprendizaje basado en proyectos, donde se asigna de forma individual y con los recursos disponibles a el estudiante la creación de un modelo portable de aprendizaje del ensayo de permeabilidad a cabeza variable que constituye filtración en una dimensión (1D), con lo cual se busca demostrar que por medio de modelos físicos se comprenden los conceptos de flujo unidimensional del agua subterránea, se minimiza la percepción del detrimento en el aprendizaje a través de las plataformas tecnológicas que se producen tras el cierre de universidades por la pandemia y el estudiante se convierte en el centro del aprendizaje.

Es así como el aprendizaje basado en proyectos permite a los estudiantes acercarse al planteamiento de problemas y buscar soluciones basadas en unos conceptos a priori, lo cual implica un

proceso de búsqueda de información, síntesis, análisis, y finalmente, la adquisición del conocimiento (Chandrasekaran, Stojcevski, Littlefair, & Joordens, 2012; Crookston B. M., Smith V. B., Welker A., & Campbell D. B., 2020; Jackson, Tarhini, Maggi, & Rumsey, 2012). Después de esto, el estudiante desarrolla actividades de planeación, alternativas de solución, trabajo colaborativo, aplicación de la solución y lecciones aprendidas (Laguado R., Ramírez D., & Hernandez V., 2019).

Por lo tanto, el aprendizaje basado en proyectos es una estrategia de enseñanza sustentada en la teoría constructivista que permite obtener un producto final mediante procesos creativos, investigativos y metodológicos en un contexto dinámico, integrando la teoría y práctica para ayudar al estudiante a consolidar su conocimiento (Botella Nicolás & Ramos Ramos, 2019; Chandrashekhar & Menon, 2020). Sin dejar de lado que los estudiantes del siglo XXI se enfrentan al reto de desarrollar competencias en habilidades para resolución de problemas, comunicación, administración de proyectos y liderazgo (Chowdhury, 2020), y se ven desmotivados y desinteresados en resolver problemas por medio del pensamiento crítico, las habilidades investigativas y considerar soluciones sostenibles y sustentables (Jollands, Jolly, & Molyneaux, 2012).

Otro aspecto a resaltar es que el proceso de enseñanza y aprendizaje permite que el estudiante tenga un rol activo, es decir, aplique el pensamiento crítico con base en los conocimientos adquiridos dentro y fuera del aula de clase logrando potenciar habilidades como análisis, síntesis, modelación, diseño y optimización, entre otras; actitudes de responsabilidad ambiental, social y emprendimiento; y cualidades como la creatividad, iniciativa, liderazgo, entre otras (Rodríguez Sandoval, Vargas Solano, & Luna Cortés, 2010).

Este tipo de estrategias han sido documentadas e implementadas en diversas asignaturas de ingeniería. Por ejemplo, en el curso de hidrología de la Universidad Uppsala de Suecia se han usado modelos físicos para ilustrar el concepto de nivel freático y la determinación del coeficiente de permeabilidad del suelo junto a las trayectorias del flujo; los resultados de su aplicación demostraron generar espacios de discusión con los estudiantes más profundos y el valor pedagógico de las estrategias implementadas (Rodhe, 2012).

Así mismo, la Asociación Americana de Educación en Ingeniería (ASEE) ha desarrollado actividades de aprendizaje centradas en el estudiante y actividades interactivas en el aula de clase por medio de modelos, buscando evaluar la comprensión y retención de conceptos de ingeniería geotécnica con instrumentos cuantitativos y cualitativos (Warren & Wang, 2013). En adición, la Universidad de Nevada estudió un modelo físico de las trayectorias de las partículas de agua a través del suelo para estimar el valor del coeficiente de permeabilidad; este proyecto se dividió en cuatro fases: diseño, construcción, prueba y análisis, encontrando que los valores obtenidos en la experimentación no discrepan con los valores teóricos (Nicholas & Karakouzian, 2018).

Por otra parte, Somaiya College of Engineering en India dejó las técnicas tradicionales de clase para aplicar el aprendizaje basado en proyectos a través de un mini proyecto para aplicar los conceptos de los mecanismos de análisis cinemático en tres fases. La primera fase era el pre proyecto, donde se expusieron los conceptos teóricos, una segunda fase para trabajar directamente en el proyecto, y una tercera fase de evaluación y retroalimentación de cada uno de los modelos creados; concluyendo que, el aprendizaje basado en proyectos incrementó el interés y entusiasmo de los estudiantes por la asignatura, mejoró la interpretación de la teoría, las habilidades analíticas y técnicas (Chandrashekhar & Menon, 2020).

Materiales y métodos

En orden de implementar el proyecto interactivo de un modelo portable de aprendizaje del ensayo de permeabilidad a cabeza variable en tiempos de COVID-19, participaron 58 estudiantes de tres cursos de mecánica de suelos del primer semestre de 2020 de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia. La metodología usada implicó tres etapas (preparación, ejecución y evaluación con retroalimentación) durante un mes (15 marzo al 15 abril).

La primera etapa de preparación consistió en suministrar a los estudiantes las instrucciones del proyecto, partiendo que ellos tenían conocimiento a priori sobre flujo unidimensional. Dichas instrucciones fueron tomar como base la teoría del ensayo de permeabilidad a cabeza variable para diseñar y construir un modelo portable de recopilación de datos para el cálculo del coeficiente de

permeabilidad en zonas rurales y remotas, usando materiales (arcilla, limo, turba, arena fina, granos de cereales, botellas de plástico reutilizables, mangueras, válvulas, piedras porosas, esponjas, embudos, registros, tubos de PVC, silicona, pegamento, bureta, cronómetro, flexómetro, recipiente para recolección del agua, entre otros) y dimensiones elegidas por los estudiantes según la facilidad de adquisición considerando que se tenía un decreto nacional de cuarentena obligatoria. Adicional, se debía estimar el coeficiente de permeabilidad del material por medio del modelo creado con una repetición de al menos tres veces el procedimiento de recopilación de datos para confiabilidad.

En este punto, el estudiante debía medir la sección transversal interna de la bureta o tubería, sección transversal interna de la muestra y longitud de la muestra. Cuando se inicia el ensayo debe activar un cronómetro y medir el tiempo transcurrido en el descenso del agua entre un punto, h_1 y un punto h_2 .

La segunda etapa de ejecución incluyó trabajo independiente del estudiante para buscar información complementaria a la ya adquirida sobre el ensayo, adquisición de materiales, elaboración del modelo y pruebas de funcionamiento. Finalmente, el estudiante elaboraría una presentación en Power Point con audio de explicación o en cada diapositiva presentar un script que incluyera: identificación visual y manual del material con registro fotográfico, especificaciones del diseño del modelo y foto señalando las partes, presupuesto, video de funcionalidad del modelo, cálculo del coeficiente de permeabilidad, análisis, conclusiones, recomendaciones e impacto del proyecto, y bibliografía.

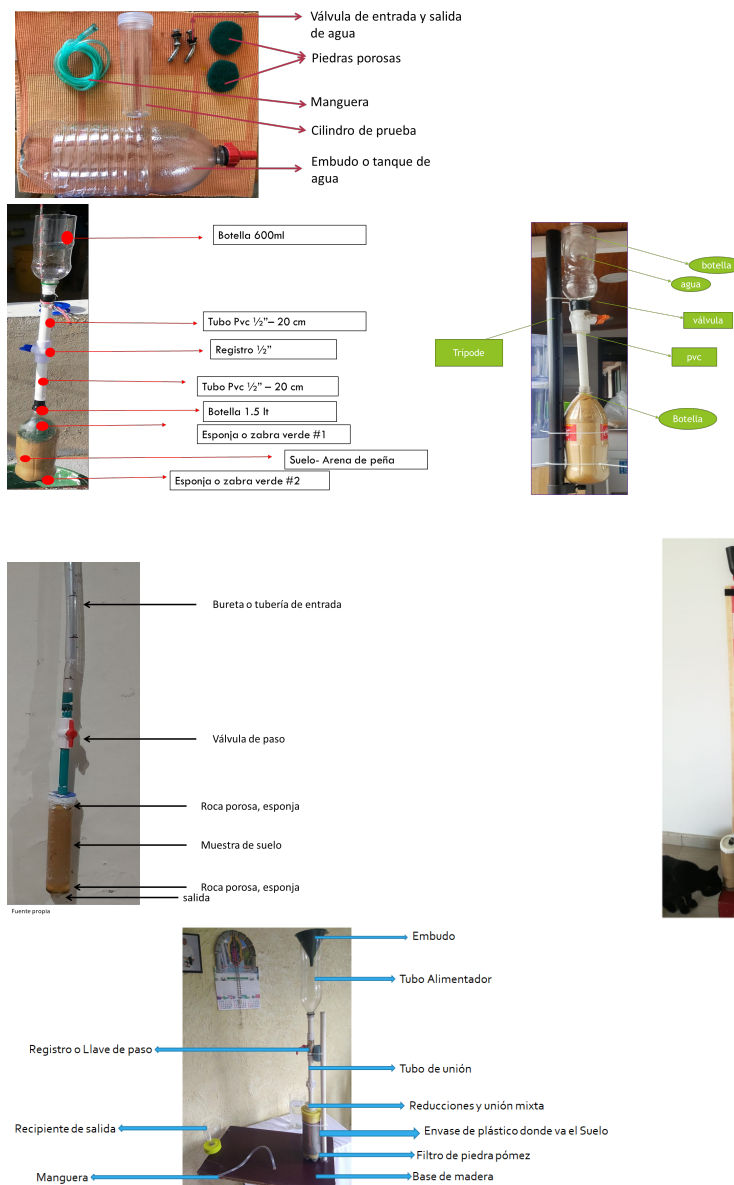


Figura 1. Ejemplo de los modelos físicos de cabeza variable realizados en el 2020 – I.

En la tercera etapa de evaluación con retroalimentación se examinaron cada uno de los proyectos mediante una rúbrica de evaluación con análisis cualitativo y cuantitativo de siete criterios: características del material, especificaciones del diseño, diseño experimental, análisis de resultados, contenido y creatividad, coherencia y organización, contribuciones y conclusiones. Cada criterio fue evaluado con la siguiente escala de valoración:

Tabla 1. *Escala de valoración*

<i>Sofisticado</i>	Competente	Básico	No competente
5.0-4.0	3.9-3.0	2.9-2.0	1.9-0.0

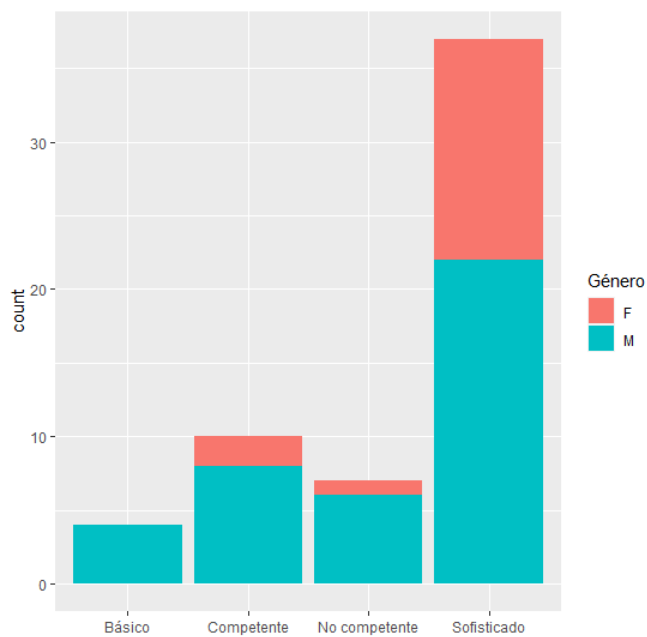
Resultados

La rúbrica de evaluación empleada permitió cuantificar para el criterio de características del material que, 63.8% de los estudiantes lograron un desempeño sofisticado, 17.2% un desempeño competente, 12.1% un desempeño no competente y 6.90% un desempeño básico. En relación con el criterio de especificaciones del diseño, 50.0% de los estudiantes alcanzó un desempeño sofisticado, 43.1% un desempeño competente, 6.9% un desempeño básico y no se reportaron estudiante con desempeño no competente. Respecto al criterio de diseño experimental, 50.0% de los estudiantes alcanzó un desempeño sofisticado, 36.2% un desempeño competente, 10.3 % un desempeño no competente y 3.40% un desempeño básico.

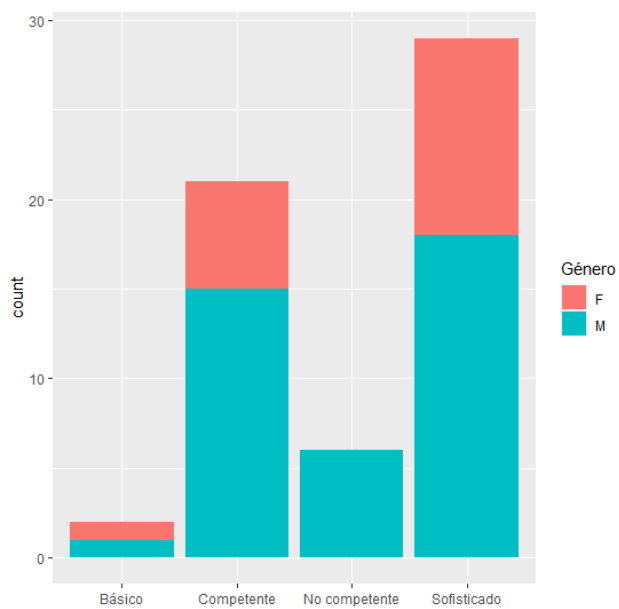
Ahora bien, en cuanto al análisis de resultados, el 63.8% de los estudiantes evidenció un desempeño competente, el 13.8% un desempeño competente y sofisticado respectivamente, y un 8.60% un desempeño no competente. En cuanto a las conclusiones y contribuciones generales del trabajo realizado, el 72.4% de los estudiantes mostró un desempeño competente, el 20.7% un desempeño sofisticado, el 6.90% un desempeño básico y no se reportaron estudiantes con desempeño no competente.

Respecto al contenido y creatividad, el 72.4% de los estudiantes presentó un desempeño sofisticado, el 20.7% un desempeño competente, el 6.90% un desempeño no competente y no se reportaron estudiantes con desempeño básico. Por último, en coherencia y creatividad, el 93.1% de los estudiantes mostró un desempeño sofisticado y 6.90% un desempeño competente, no se reportaron estudiantes con desempeño básico y no competente.

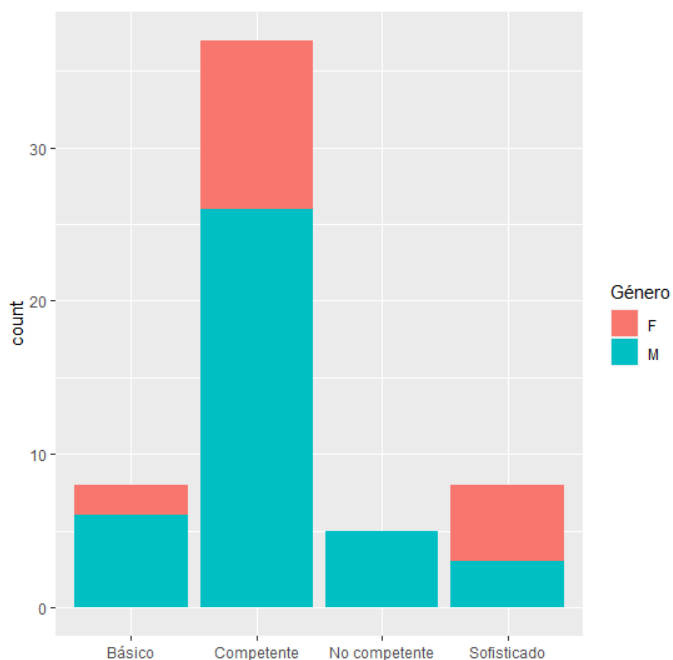
A continuación, se presentan la gráfica 1, gráfica 2, gráfica 3, gráfica 4, gráfica 5, gráfica 6 y gráfica 7 que ilustran la cantidad de estudiantes para cada criterio valorado y discriminado por género.



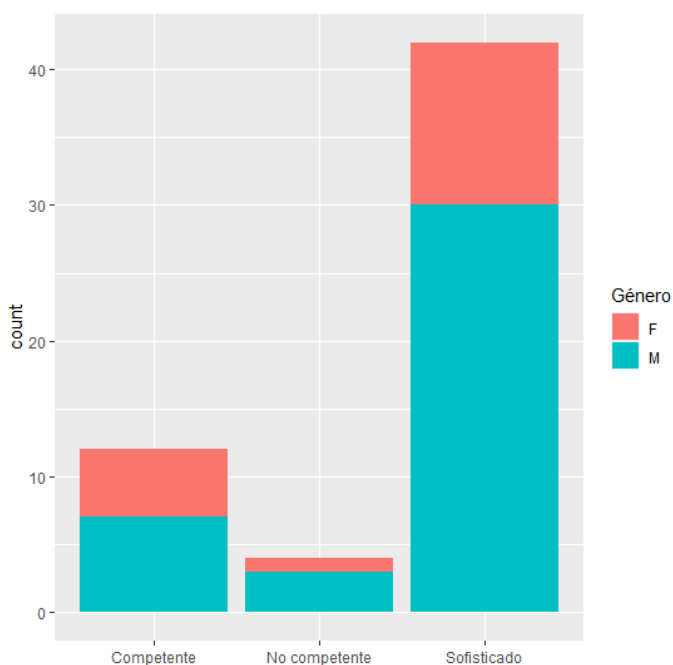
Gráfica 1. Resultados de evaluación de los conceptos relacionados con el tipo de suelo usado



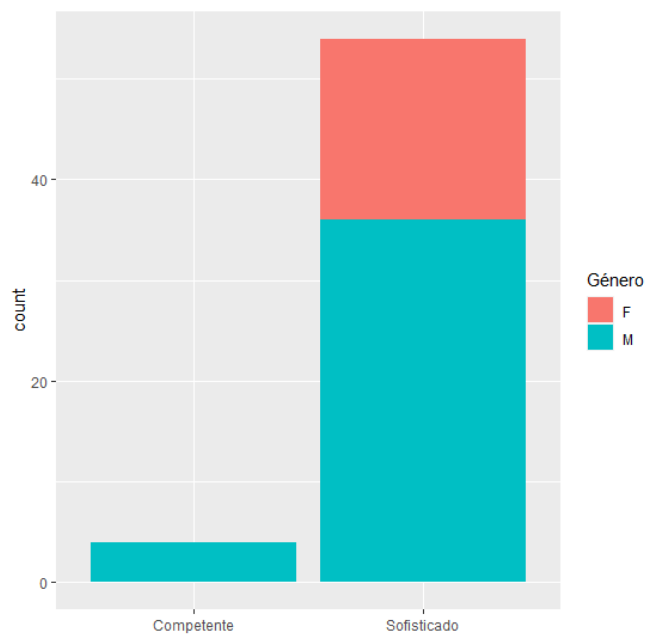
Gráfica 2. Resultados de evaluación del diseño experimental



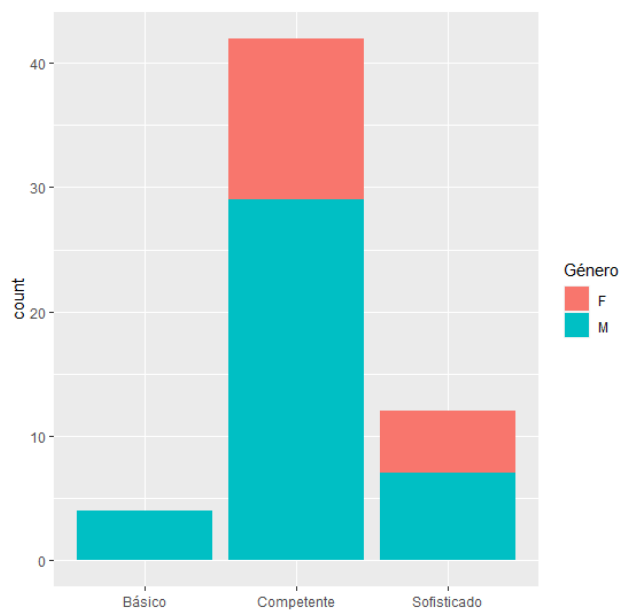
Gráfica 3. Resultados de evaluación del análisis de los datos capturados y la funcionalidad del modelo



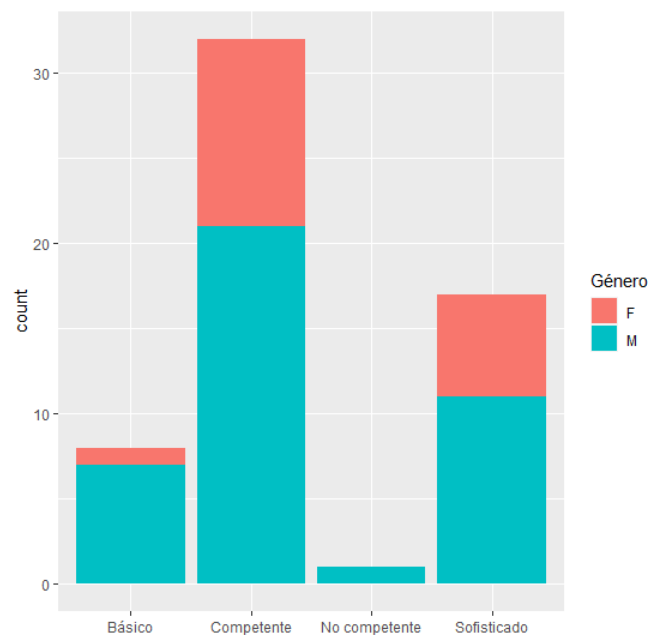
Gráfica 4. Resultados de evaluación del modelo propuesto y su relación con los conceptos teóricos



Gráfica 5. Resultados de evaluación de la coherencia y organización en el desarrollo del entregable del proyecto



Gráfica 6. Resultados de evaluación de las contribuciones y conclusiones del proyecto



Gráfica 7. Resultados de evaluación del proyecto en general

Discusión

58 estudiantes diseñaron, construyeron y pusieron en funcionamiento los modelos físicos para determinar el coeficiente de permeabilidad mediante el fundamento del ensayo a cabeza variable, de los cuales 18 estudiantes corresponden a género femenino y 40 estudiantes a género masculino, lo cual indica que en la asignatura de mecánica de suelos se contaba con mayor predominio de población masculina, lo cual concuerda con las estadísticas de universidades públicas y privadas sobre la tendencia que cada 3 de 10 estudiantes inscritos en ingeniería corresponden a mujeres.

El proceso metodológico llevado a cabo por cada uno de los estudiantes permitió que ellos reconocieran la necesidad de garantizar un medio poroso homogéneo (un reservorio que contuviera partículas con espacios vacíos entre ellas para permitir el tránsito o flujo del agua en la dirección vertical), una condición de saturación (todos los vacíos del medio poroso están llenos de agua) en el material de libre elección a emplear, que el sistema no presentará fugas, y durante su operabilidad no saliera material con el agua para lo cual se usaban una piedras porosas a modo de colador, entre otros aspectos.

La evaluación de cada proyecto se basó en siete criterios asignados mediante una escala de valoración cuantitativa que tiene una

codificación cualitativa. Cada uno de los criterios elegidos permitió evaluar no solo el producto final – modelo de aprendizaje de un ensayo de cabeza variable que pudiera ser usado en sitios remotos – sino todo el proceso de aprendizaje desde la búsqueda documental, recolección de los materiales y herramientas menores necesarias para la óptima operación del modelo y captura de datos, hasta el cálculo del valor del coeficiente de permeabilidad del material usado a través del funcionamiento del modelo.

Una vez obtenido el valor del coeficiente y con base en el proceso de búsqueda documental realizado a priori, el estudiante calcula el valor del coeficiente de permeabilidad teórico del material y lo compara con el valor obtenido en experimentación. En esta parte el estudiante logró aplicar las ecuaciones con los datos recolectados; la repetitividad del ensayo permitió que el estudiante confrontará y cuestionará la confiabilidad en los resultados; además, el estudiante debió prestar atención a las unidades de trabajo y si lo requería, realizar conversión de unidades; por último, y no menos importante, identificar los factores que probablemente influyeron en las variables calculadas en función de los errores sistemáticos e indeterminados. Así mismo, el estudiante analizó la precisión y exactitud usada en el diseño, construcción y operación del modelo creado con lo cual tuvo una actitud activa, emprendedora y de interés en un entorno de trabajo individual, reflexivo y autodirigido.

Partiendo de lo anterior, los resultados evidencian que el 84.5% de los estudiantes logró los objetivos propuestos para el proyecto, pero se debe reforzar la capacidad de análisis e interpretación de resultados como una de las competencias genéricas que se adquiere o fortalece en la universidad. Este criterio representó la más baja valoración entre los siete criterios asignados. Esto se atribuye a que la mayoría de los modelos pedagógicos con los cuales los estudiantes han tenido interacción, se han centrado en un estudiante pasivo y poco participativo en las aulas de clase, pero con los cambios de paradigma de la educación superior se ha encontrado la necesidad de transformar al estudiante a un rol activo y participativo a través de los currículos por competencias, donde el aprendizaje basado en proyectos aparece como una herramienta práctica, integradora y sencilla de implementar en los diversos cursos de los programas académicos orientando al estudiante dentro del proceso de aprendizaje.

El 15.5% restante de los estudiantes no logró todas las competencias a adquirir con el proyecto porque no sustentaron la elección del diseño con su respectiva descripción, correlacionando los conceptos a priori con los objetivos del proyecto; el diseño no logró ilustrar los conceptos del ensayo de permeabilidad a cabeza variable porque el estudiante se confundió de tema, la búsqueda de información fue escasa o en fuentes no confiables, o no hizo una evaluación crítica de la información recolectada para sintetizar y plasmar en el modelo; el modelo no cumplía la funcionalidad para la captura de datos de flujo unidimensional, es decir, era imposible tomar los datos necesarios para aplicarlos en la ecuaciones correspondientes del coeficiente de permeabilidad; los resultados se analizaron superficialmente con solo números, sin llegar a las causas potenciales de los resultados, no se compararon los resultados calculados con valores teóricos, no se consideraron las fuentes de error experimental, aplicación de estadística y reflexión sobre los datos, no se presentó un fuerte enlace entre los conceptos de permeabilidad, objetivos del proyecto y los resultados; la creación del modelo no relaciono todos los conceptos teóricos para calcular la permeabilidad, no fue imaginativo y no logró replicar características cercanas a la realidad porque no se tuvo la capacidad crítica, creativa y de análisis para dar respuesta adecuada a la actividad formulada.

No obstante, casi todos los estudiantes fueron capaces de elaborar un instrumento de recopilación de datos, detectar errores y sugerencias dentro del proceso de construcción y operación del modelo, reconocer la importancia del tipo de muestra usada, seguir los principios y fundamentos del ensayo de permeabilidad, observar el flujo en una dimensión, comprobar que se pueden crear soluciones responsables con el medio ambiente para usarse en lugares remotos, modelos fáciles de usar y portables, y resaltar el aprendizaje basado en proyectos, como una forma de desarrollar el ingenio del estudiante con todas las variables que se consideran en un proyecto real y hacerlo recursivo. Más aún, al considerar que el COVID-19 impidió poder comprar materiales y herramientas para construir modelos más refinados.

Así mismo, los proyectos permitieron al estudiante asociar los conceptos de sostenibilidad y sustentabilidad como aspectos a considerar en las alternativas de solución a los problemas prácticos

de ingeniería civil contribuyendo a la conciencia del logro de los Objetivos del Desarrollo Sostenible 2030.

Por otra parte, este trabajo se puede realizar a futuro con una muestra de estudiantes de igual tamaño o mayor generando restricciones en el tipo de materiales, y permitiendo realizar la actividad de forma individual o grupal para investigar el efecto del trabajo en equipo en los resultados. Así mismo, se puede evaluar cada una de las fases propuestas en la metodología por medio de entregas parciales o de avance para que el estudiante cuente con la oportunidad de realizar mejoras continuas, incrementando su capacidad de análisis y síntesis. Por último, los estudiantes podrían autoevaluar y coevaluar los proyectos como parte de las nuevas tendencias educativas de trabajo colaborativo.

Referencias

- Botella Nicolás, A. M., & Ramos Ramos, P. (2019). Investigación-acción y aprendizaje basado en proyectos. Una revisión bibliográfica. *Perfiles educativos*, 41(163), 127-141.
- Chandrasekaran, S., Stojcevski, A., Littlefair, G., & Joordens, M. (2012). Learning through projects in engineering education. *SEFI 2012: engineering education 2020: meet the future: proceedings of the 40th SEFI annual conference 2012*. European Society for Engineering Education (SEFI).
- Chandrashekhar, N. S., & Menon, C. B. (2020). Implementation of Project Based Learning in Mechanical Engineering Education to Enhance Students' Interest and Enthusiasm. *Journal of Engineering Education Transformations*, 33(0), 253-256. <https://doi.org/10.16920/jeet/2020/v33i0/150156>
- Chowdhury, R. (2020). Challenges in engineering education: Student engagement and employability skills. En A. Ashraf & H. Iasmin (Eds.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Research and Innovation in Civil Engineering* (pp. xxii-xxv). Recuperado de <https://eprints.usq.edu.au/37838/>
- Colmenares, J. E., Héndez, N. R., & Celis, J. (2016). Laboratorios virtuales desde la perspectiva de resolución de problemas: Caso de la asignatura de mecánica de suelos. *Revista*

- Educación en Ingeniería*, 11(22), 97-103.
<https://doi.org/10.26507/rei.v11n22.705>
- Crookston B. M., Smith V. B., Welker A., & Campbell D. B. (2020). Teaching Hydraulic Design: Innovative Learning in the Classroom and the Workplace. *Journal of Hydraulic Engineering*, 146(3), 04020006.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HY.1943-7900.0001715](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001715)
- Jackson, H., Tarhini, K., Maggi, B., & Rumsey, N. (2012). Improving students understanding of engineering concepts through project based learning. *2012 Frontiers in Education Conference Proceedings*, 1-6.
<https://doi.org/10.1109/FIE.2012.6462231>
- Jollands, M., Jolly, L., & Molyneaux, T. (2012). Project-based learning as a contributing factor to graduates' work readiness. *European Journal of Engineering Education*, 37, 143-154.
<https://doi.org/10.1080/03043797.2012.665848>
- Laguado R., R., Ramírez D., P., & Hernandez V., F. (2019). El aprendizaje basado en proyectos, una experiencia en las prácticas industriales del Programa de Ingeniería Industrial de la UFPS. Recuperado 10 de junio de 2020, de <https://web.b.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=01204211&AN=141053701&h=fukK%2b%2bVb5%2bUYTecv6TQw9qtU%2fukDYyBIHUZDGhKYweCEyy4M%2bjokRxKwbQa1JpBKzMYrkDh1xO%2bZt7zt8woQw%3d%3d&crl=c&resultNs=AdminWebAuth&resultLocal=ErrCrlNotAuth&crlhashurl=login.aspx%3fdirect%3dtrue%26profile%3dehost%26scope%3dsite%26authtype%3dcrawler%26jrnl%3d01204211%26AN%3d141053701>
- Morgan, H. (2020). Best Practices for Implementing Remote Learning during a Pandemic. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 93(3), 135-141.
<https://doi.org/10.1080/00098655.2020.1751480>
- Nicholas, H., & Karakouzian, M. (2018). Physical Modeling of Flow Nets in Groundwater and Determination of Hydraulic Conductivity. *AANAPISI Poster Presentations*. Recuperado de https://digitalscholarship.unlv.edu/aanapisi_posters/46

- Rodhe, A. (2012). Physical models for classroom teaching in hydrology. *Hydrology & Earth System Sciences*, 16(9).
- Rodríguez Sandoval, E., Vargas Solano, É. M., & Luna Cortés, J. (2010). Evaluación de la estrategia «aprendizaje basado en proyectos». *Educación y Educadores*, 13, 13-25.
- Rosa, E. V. de la, Tam, R. V., Vargas, M. A., Saavedra, L. C., & Olortegui, J. G. (2020). Educación médica a distancia en tiempos de COVID-19. *Educación Médica Superior*, 34(2). Recuperado de <http://ems.sld.cu/index.php/ems/article/view/2383>
- Warren, K. A., & Wang, C. (2013, junio 23). *Use of Interactive Classroom Models and Activities to Increase Comprehension of Geotechnical Engineering Concepts*. 23.1294.1-23.1294.20. Recuperado de <https://peer.asee.org/use-of-interactive-classroom-models-and-activities-to-increase-comprehension-of-geotechnical-engineering-concepts>