

# INTEGRACIÓN DE LA IMPRESIÓN 3D EN LA ENSEÑANZA DE OPERACIONES UNITARIAS EN UN CURSO DE PRIMER AÑO DE INGENIERÍA CIVIL QUÍMICA

Paola D. Bustos Gutiérrez, Universidad del Bío-Bío, [pdbustos@ubiobio.cl](mailto:pdbustos@ubiobio.cl)  
Jorge H. Saavedra Molina, Universidad del Bío-Bío, [jsaavedra@ubiobio.cl](mailto:jsaavedra@ubiobio.cl)  
Matías A. Troncoso Araya, Universidad del Bío-Bío, [mtroncoso@ubiobio.cl](mailto:mtroncoso@ubiobio.cl)  
Konstanza A. Ortiz Araya, Universidad del Bío-Bío, [konstanza.ortiz2001@alumnos.ubiobio.cl](mailto:konstanza.ortiz2001@alumnos.ubiobio.cl)  
Agustín A. Toledo Burgos, Universidad del Bío-Bío, [agustin.toledo2001@alumnos.ubiobio.cl](mailto:agustin.toledo2001@alumnos.ubiobio.cl)

## RESUMEN

Este trabajo describió una actividad educativa innovadora en el curso "Introducción a la Ingeniería Química" de la Universidad del Bío-Bío, en la que estudiantes de primer año de Ingeniería Civil Química elaboraron maquetas de operaciones unitarias utilizando tecnología de impresión 3D. Los equipos de estudiantes seleccionaron una operación unitaria, asistieron a talleres de impresión 3D y diseñaron componentes para sus maquetas con el software Fusion 360. La actividad culminó con la presentación de las maquetas, evaluadas por una comisión compuesta por docentes y estudiantes de años superiores. La encuesta de percepción final reveló que la mayoría de los estudiantes valoró positivamente el proyecto, destacando la competencia del instructor y la relevancia del proyecto para su formación académica. No obstante, se identificaron áreas de mejora en la capacitación técnica y la colaboración dentro de los equipos. A pesar de estos desafíos, la actividad logró motivar a los estudiantes e integrarlos en un aprendizaje práctico y tecnológico, sentando las bases para futuras implementaciones.

**PALABRAS CLAVES:** Impresión 3D; Operaciones unitarias; Aprendizaje activo

## INTRODUCCIÓN

El aprendizaje de operaciones unitarias es un pilar fundamental en la formación de ingenieros químicos, ya que proporciona la base para comprender y diseñar procesos industriales complejos. Introducir estos conceptos clave en los primeros semestres es crucial, ya que permite a los estudiantes captar la esencia de las operaciones y su importancia en la ingeniería química, incluso antes de dominar todos los conocimientos teóricos asociados. Sin embargo, uno de los desafíos en esta etapa temprana es hacer que el aprendizaje de estas operaciones sea activo, interesante y accesible para los estudiantes, fomentando así un aprendizaje significativo desde el principio de su formación (Pannirselvam et al., 2021).

En este contexto, la impresión 3D se ha mostrado como una herramienta pedagógica efectiva para enseñar operaciones unitarias de manera tangible y participativa. La posibilidad de diseñar e imprimir componentes relacionados con operaciones unitarias permite a los estudiantes interactuar directamente con los conceptos que están aprendiendo, facilitando una comprensión más profunda de los principios detrás de estas operaciones. Estudios recientes han demostrado que el uso de la impresión 3D en la enseñanza de ingeniería no solo mejora la retención de conceptos, sino que también incrementa el interés y la motivación de los estudiantes al transformar conceptos abstractos en modelos físicos manipulables (Gibson et al., 2020; Leary et al., 2021).

Por ejemplo, Nguyen et al. (2023) describen cómo la implementación de la impresión 3D en la enseñanza de procesos químicos ha permitido a los estudiantes visualizar y comprender operaciones unitarias complejas desde los primeros semestres, al diseñar e imprimir modelos que representan dichas operaciones. Esta experiencia no solo les proporciona una base sólida en el diseño de procesos, sino que también promueve habilidades prácticas en el uso de herramientas tecnológicas avanzadas, como el software de diseño asistido por computadora (CAD), esenciales en la formación de ingenieros químicos.

La integración de la impresión 3D en el currículo de ingeniería química, particularmente en la enseñanza de operaciones unitarias, representa una estrategia innovadora para hacer que el aprendizaje sea más activo, atractivo y efectivo, preparando a los estudiantes para los desafíos tecnológicos y profesionales que enfrentarán en su carrera (Bourell et al., 2021; Rogers et al., 2022).

## DESARROLLO

### Contexto y Participantes

La actividad fue desarrollada en el marco del curso "Introducción a la Ingeniería Química", correspondiente al primer semestre del primer año de la carrera de Ingeniería Civil Química. Participaron todos los estudiantes inscritos en la asignatura, quienes fueron organizados en grupos de hasta cinco integrantes. Cada grupo seleccionó una operación unitaria a su conveniencia para representarla a través de una maqueta.

### Objetivo de la Actividad

El objetivo principal de esta actividad fue que los estudiantes desarrollaran una maqueta que representara una operación unitaria, integrando la técnica de impresión 3D en al menos uno de sus elementos esenciales. Esto tenía como propósito facilitar la comprensión de los principios de funcionamiento del sistema, promoviendo un aprendizaje activo y significativo desde los primeros semestres de la carrera.

### Desarrollo de la Actividad

#### *Selección de la Operación Unitaria y Formación de Equipos*

Una vez cubiertos los aspectos teóricos de las operaciones unitarias en clases, se solicitó a los estudiantes que se agruparan en equipos de hasta cinco miembros. Cada equipo seleccionó la operación unitaria que quería representar a través de la maqueta, teniendo la libertad de centrarse en un proceso productivo específico o en una representación más general.

#### *Capacitación en Impresión 3D*

Todos los estudiantes debieron asistir a un taller de aprendizaje de impresión 3D, impartido por el Programa STEAM de la Facultad de Ingeniería. Estos talleres, con un cupo máximo de 10 participantes por sesión, se ofrecieron en ocho fechas y horarios diferentes para acomodar a todos los estudiantes. Durante el taller, se capacitó a los estudiantes en el uso del software de diseño CAD, Fusion 360, y en los principios básicos de la impresión 3D.

#### *Diseño y Confección de la Maqueta*

Cada equipo de estudiantes tuvo un plazo de cuatro semanas para diseñar y confeccionar la maqueta. Se les indicó que debían representar la operación unitaria seleccionada con todos sus elementos principales, incluyendo entradas y salidas. Uno de los requisitos esenciales fue que al menos un componente de la maqueta fuera diseñado e impreso en 3D, utilizando el software Fusion 360. El componente impreso no debía exceder las dimensiones de 5 cm x 5 cm x 5 cm

para piezas volumétricas o 5 cm x 10 cm para piezas planas. Se alentó a los estudiantes a utilizar materiales reciclados o que tuvieran disponibles en casa para la construcción de la maqueta.

### **Presentación y Evaluación**

#### *Tríptico Informativo*

Además de la maqueta, cada grupo presentó un tríptico que incluía: Imagen de la maqueta. Diagrama de bloques de la operación unitaria. Descripción detallada de la operación unitaria representada. Descripción de la pieza realizada en impresión 3D. Ejemplos de procesos industriales donde se aplique la operación unitaria.

#### *Exposición y Evaluación*

El día de la exposición, una comisión evaluadora, compuesta por la docente de la asignatura, dos profesores adicionales y tres estudiantes de cursos superiores, utilizó una rúbrica para evaluar cada maqueta y su correspondiente exposición. Durante la evaluación, los estudiantes fueron consultados sobre su trabajo, con el objetivo de medir su comprensión de la operación unitaria y la efectividad del aprendizaje a través de la actividad.

#### *Retroalimentación y Encuesta de Percepción*

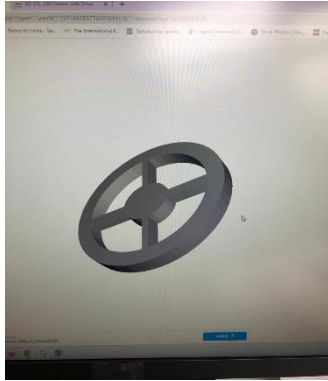
Para finalizar la actividad, se solicitó a los estudiantes que completaran una encuesta de percepción sobre la experiencia, donde manifestaron sus impresiones y sugerencias sobre la actividad. Esta retroalimentación fue crucial para identificar los aspectos positivos y las áreas de mejora para futuras implementaciones de este tipo de proyectos.



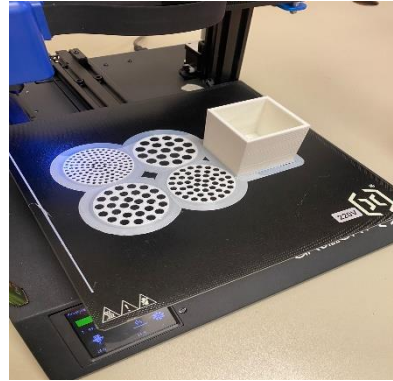
## RESULTADOS

### Exposición

A continuación, en la Figura 1, se muestra un resumen de fotografías recopiladas en el desarrollo de este trabajo



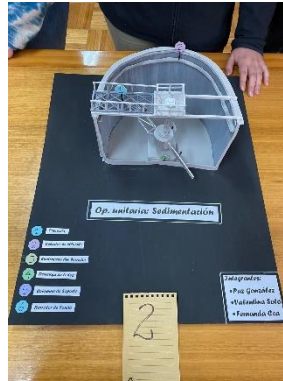
(A)



(B)



(C)



(D)

**Figura 1.** (A) Trabajo en software Fusion 360, (B) Trabajo de impresión, (C) Piezas elaboradas en Impresora 3D, (D) Estudiantes mostrando sus distintas maquetas

**Tríptico**

La Figura 2 muestra un ejemplo de los trípticos elaborados por los distintos equipos de trabajo alusivos a la operación unitaria escogida



**Figura 2.** Tríptico explicativo de la Operación de tamizado

## Encuesta de Percepción

La actividad educativa implementada en el curso "Introducción a la Ingeniería Química" en la Universidad del Bío-Bío resultó ser innovadora y efectiva, aunque también reveló una serie de desafíos técnicos y de colaboración que influyeron en los resultados finales. A través del uso de la impresión 3D, los estudiantes pudieron desarrollar maquetas que representaban operaciones unitarias, lo que les permitió visualizar y comprender conceptos abstractos de manera tangible. Sin embargo, los problemas técnicos relacionados con el uso de software de diseño asistido por computadora (CAD) y las impresoras 3D fueron obstáculos significativos para algunos equipos, afectando la calidad y ejecución del proyecto.

Uno de los principales problemas identificados fue la falta de experiencia previa de los estudiantes con el software de diseño Fusion 360, lo que provocó retrasos en el diseño y la impresión de los componentes de las maquetas. Como se menciona en estudios recientes, el uso de tecnologías avanzadas en la educación, como la impresión 3D, a menudo requiere un soporte técnico continuo y adecuado, tanto para los estudiantes como para los docentes (Nguyen et al., 2020; Kirchheim et al., 2018). En nuestra experiencia, aunque se ofrecieron talleres de capacitación, algunos estudiantes informaron que necesitaban más tiempo y apoyo para dominar el software y las impresoras. Esto coincidió con lo observado por Assante et al. (2020), quienes destacan que los problemas técnicos suelen ser una barrera en la implementación efectiva de estas tecnologías en el aula.

Además de los problemas técnicos, las dificultades de colaboración dentro de los equipos también influyeron en los resultados del proyecto. En algunos casos, la carga académica general afectó la capacidad de los estudiantes para coordinarse y colaborar eficazmente, lo que resultó en productos finales de menor calidad. Sin embargo, algunos equipos lograron superar estos desafíos mediante la organización de sesiones adicionales fuera del horario de clase, lo que les permitió mejorar la calidad de sus maquetas y, en última instancia, profundizar su comprensión de las operaciones unitarias. Este enfoque colaborativo más eficaz se alinea con los hallazgos de Bicer et al. (2017), quienes sugieren que la impresión 3D fomenta el desarrollo de habilidades de resolución de problemas y trabajo en equipo cuando se gestiona adecuadamente.

En términos de retención de conceptos, los estudiantes que lograron completar sus maquetas reportaron una mayor comprensión de los principios detrás de las operaciones unitarias, lo cual concuerda con los hallazgos de Leary et al. (2021), quienes demostraron que la impresión 3D facilita el aprendizaje activo y la retención de conceptos en los estudiantes de ingeniería. Sin embargo, aquellos equipos que se enfrentaron a mayores desafíos técnicos o de colaboración tuvieron dificultades para aprovechar al máximo esta experiencia, lo que sugiere que, para futuras implementaciones, sería beneficioso proporcionar un soporte técnico más robusto y estructurar mejor el trabajo en equipo.

Finalmente, la integración de la sostenibilidad en la actividad, al fomentar el uso de materiales reciclados en la construcción de las maquetas, fue valorada positivamente por los estudiantes. Como lo sugieren To et al. (2023), enseñar sostenibilidad a través de la impresión 3D puede

ayudar a los estudiantes a comprender el impacto ambiental de sus decisiones de diseño y fabricación, lo que es esencial en la formación de ingenieros responsables.

## CONCLUSIONES

La incorporación de la impresión 3D en la actividad de elaboración de maquetas facilitó un aprendizaje activo y práctico, valorado positivamente por la mayoría de los estudiantes, quienes destacaron la utilidad de esta tecnología para comprender mejor las operaciones unitarias.

Los estudiantes expresaron un fuerte acuerdo en relación con la utilidad del proyecto para su formación académica y la competencia del instructor, lo que refleja una experiencia educativa exitosa y bien dirigida.

A pesar de la valoración positiva general, algunos estudiantes manifestaron dificultades con el diseño y uso del software de impresión 3D, sugiriendo la necesidad de mejorar el acompañamiento post-capacitación en futuras iteraciones de la actividad.

Aunque la mayoría de los estudiantes experimentaron un buen trabajo en equipo, las respuestas indicaron que la comunicación y la colaboración efectiva fueron áreas donde se encontraron desafíos, lo que subraya la importancia de continuar desarrollando estas habilidades en contextos educativos.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Bío-Bío a través del Programa STEAM FI UBB.

## REFERENCIAS

Bourell, D., Leu, M., & Rosen, D. (2021). Additive Manufacturing: Pathways to Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 143(8), 1-16.

Gibson, I., Rosen, D., & Stucker, B. (2020). Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing. *Springer Science & Business Media*.

Leary, M., Ramakrishna, S., & Shukla, R. (2021). Design for Additive Manufacturing: Advances, Challenges, and Opportunities. *Materials*, 14(2), 276-299.

Nguyen, T. H., Tran, M. D., & Bui, A. T. (2023). Enhancing Engineering Education Through 3D Printing: A Comprehensive Review. *International Journal of Engineering Education*, 39(2), 429-445.

Pannirselvam, M., Somasundaram, R., & Jeyakumar, V. (2021). Early Introduction of Unit Operations in Chemical Engineering Education: Benefits and Challenges. *Chemical Engineering Education*, 55(2), 83-91.

Rogers, M., Smith, J., & Williams, K. (2022). 3D Printing as a Pedagogical Tool in Engineering Education. *Advances in Engineering Education*, 10(1), 65-89.

Assante, D., Cennamo, G. M., & Placidi, L. (2020). 3D printing in education: An European perspective. IEEE Global Engineering Education Conference, 1133–1138.

Bicer, A., Nite, S. B., Capraro, R. M., Barroso, L. R., Capraro, M. M., & Lee, Y. (2017). Moving from STEM to STEAM: The effects of informal STEM learning on students' creativity and problem-solving skills with 3D printing. Frontiers in Education Conference, FIE, 1–6.

Kennedy, J., Lee, E., & Fontecchio, A. (2016). STEAM approach by integrating the arts and STEM through origami in K-12. Frontiers in Education Conference, FIE, 2–6.

Kirchheim, A., Dennig, H.-J., & Zumofen, L. (2018). Why education and training in the field of additive manufacturing is a necessity. AMPA, 329–336

Leary, M., Ramakrishna, S., & Shukla, R. (2021). Design for additive manufacturing: Advances, challenges, and opportunities. Materials, 14(2), 276–299.

Papp, I., & Zichar, M. (2019). 3D modeling and printing interpreted in terms of cognitive infocommunication. Cognitive Infocommunications, Theory and Applications, 365–389.

Rossi, S., Seatter, K., & Ceulemans, C. (2023). Teaching sustainability through 3D printing in higher education: Challenges and opportunities. Sustainability, 15(9), 7470–7480.

To, T. T., Al Mahmud, A., & Ranscombe, C. (2023). Teaching sustainability using 3D printing in engineering education: An observational study. Sustainability, 15(9), 7470.

