



NUEVAS REALIDADES PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA:
CURRÍCULO, TECNOLOGÍA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

13 - 16
DE SEPTIEMBRE

2022

CARTAGENA DE INDIAS,
COLOMBIA



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI

Contribución al desarrollo del Student Outcome 2 de ABET a través de una experiencia de diseño en un curso de mecánica de fluidos para ingenieros químicos

Hader Alzate Gil, Carlos Ocampo López, Fabio Castrillón Hernández,
Luis Alejandro Forero Gaviria, Jorge Sánchez Toro

Universidad Pontificia Bolivariana
Medellín, Colombia

Resumen

El curso de mecánica de fluidos para ingenieros químicos que se imparte en la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Pontificia Bolivariana contribuye al desarrollo de *Student Outcome 2* de ABET mediante una experiencia de aprendizaje por equipos de trabajo, relacionada con el dimensionamiento de tuberías y la especificación de equipos para el transporte de líquidos. Este curso se lleva a cabo en el segundo año de carrera, y dentro de las evidencias planteadas para la evaluación de los conocimientos adquiridos, se propone a los estudiantes un reto asociado al transporte de fluidos en el interior del Ecocampus UPB Laureles (Medellín). La experiencia implica el diseño de un sistema de tuberías y la selección de una bomba centrífuga para un fluido especificado. El ejercicio se ha llevado a cabo durante varios años y en él han participado diversos docentes de la Facultad a través de la evaluación y aportes de mejoramiento. Los estudiantes realizan una presentación oral ante un jurado integrado por docentes y un ingeniero químico vinculado a la industria. Para la evaluación se cuenta con una rúbrica previamente establecida. Un gran porcentaje de estudiantes manifiesta que esta experiencia es enriquecedora, que contribuye a una mejor comprensión de los temas tratados y que los acerca a la realidad del diseño de procesos.

Palabras clave: bombas centrífugas; rúbricas de evaluación; tuberías

Abstract

The fluid mechanics course offered at the Faculty of Chemical Engineering of the Universidad Pontificia Bolivariana contributes to the development of ABET's student outcome 2 through a learning experience in work teams related to the dimensioning of pipes and the specification of equipment for the transport of liquids. This course takes place in the second year of the undergraduate program, and as the evidence proposed for evaluating the knowledge acquired during the course, a challenge is proposed to students associated with the transport of fluids inside the university campus. The experience involves designing a piping system and selecting a centrifugal pump for a specified fluid. This activity has been carried out for several years, and various faculty professors have participated in it through evaluation and improvement contributions. Students show their results in an oral presentation to an evaluation committee of teachers and a chemical engineer linked to the industry. For the evaluation, a rubric was previously established. A large percentage of students manifest that this experience is enriching, and contributes to a better understanding of the topics covered, and that it brings them closer to the reality of process design.

Keywords: centrifugal pumps; evaluation rubrics; pipes

1. Introducción

El curso de mecánica de fluidos para ingenieros químicos que se imparte en la Universidad Pontificia Bolivariana, sede Medellín, es de 3 créditos académicos, con 64 horas de acompañamiento directo del docente y 80 horas de trabajo autónomo del estudiante durante el semestre, el cual comprende 16 semanas (Universidad Pontificia Bolivariana, 2022). Este curso está en el cuarto semestre de la carrera de ingeniería química, tal como se muestra en la malla curricular que aparece en la Figura 1.

DISTRIBUCIÓN SEMESTRAL DE CURSOS: MALLA CURRICULAR
MALLA MODELO
Agosto de 2017

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Lenguaje y Cultura 2	Humanismo y Cultura ciudadana 2		Ética general 1	Línea de Formación Humanista I 2			Línea de Formación Humanista II 2	Ética Profesional 1	Línea de Formación Humanista III 2
	Cristología 2			Emprendimiento y Responsabilidad social 2					
Cálculo Diferencial 3	Álgebra Lineal 3	Cálculo Vectorial 3							
Geometría Analítica 3	Cálculo Integral 3	Ecuaciones Diferenciales 3							
Fundamentos de Química 3	Física Mecánica 3	Electricidad y magnetismo 2							
		Métodos experimentales en Física 2							
Introducción a la Ingeniería Química 1	Química Orgánica I 3	Química Orgánica II 3	Bioquímica 2	Termodinámica clásica 3	Termodinámica Química 4		Operaciones de transferencia de masa 3	Diseño de Procesos 3	
Diseño de producto 2			Laboratorio Oca Orgánica y Bioquímica 2	Química Analítica 3	Laboratorio de Termodinámica 1	Tecnología de Partículas 3		Control de Procesos 3	
			Fisicoquímica 3	Laboratorio de Química Analítica 2		Laboratorio de Operaciones Unitarias: Calor y Masa 2	Laboratorio de Ingeniería de Procesos 2	Laboratorio de Ingeniería de Procesos 2	
			Mecánica de Fluidos para Ingenieros Químicos 3	Fenómenos de transporte 3	Transferencia de Calor y Masa 3		Ingeniería de las reacciones químicas 3		Práctica Profesional (modalidades elegibles) 11
			Métodos Numéricos para Ingenieros de Proceso 3		Balances en procesos de ingeniería química 3		Laboratorio de Ingeniería de las reacciones químicas 2		
		Elementos de programación 2	Estadística y Diseño de experimentos 3	Metodología de Investigación (Práctica profesional obligatoria I) 1					
						Preparación y Evaluación de Proyectos 3	Gestión de proyectos (Práctica profesional obligatoria III) 3	Contexto profesional (Práctica profesional obligatoria III) 1	
						Optativo CP I (Ruta optativa de formación) 3		Optativo CP II (Ruta optativa de formación) 3	
							Optativo CI I (Ruta optativa de formación) 3	Optativo CI II (Ruta optativa de formación) 3	Optativo CI III (Ruta optativa de formación) 3
					Electivo I 3	Electivo II 3			

Figura 1. Ubicación del curso de mecánica de fluidos dentro de la malla curricular de la carrera de ingeniería química de la UPB



El programa de ingeniería química de la Universidad Pontificia Bolivariana ha iniciado un proceso de actualización curricular para optar a la acreditación internacional ABET (ABET, 2022).

ABET espera que para el Student Outcome 2 el estudiante esté en capacidad de aplicar el diseño de ingeniería para producir soluciones que satisfagan necesidades específicas teniendo en cuenta la salud pública, la seguridad y el bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos (Fogler & Hirshfield, 2021; Jibril & Houache, 2013).

Para contribuir al desarrollo de dicho Student Outcome 2, desde el curso de Mecánica de Fluidos se implementó una experiencia de diseño que permite fomentar a nivel introductorio los siguientes criterios:

- Comprender las reglas heurísticas y normatividad técnica y legal para establecer restricciones relacionadas con un diseño de ingeniería y sus condiciones operacionales
- Aplicar estrategias para la Identificación de riesgos y peligros asociados a un diseño de ingeniería y sus condiciones operacionales
- Aplicar algoritmos para el dimensionamiento básico de equipos de proceso
- Aplicar herramientas para realizar la evaluación financiera de un proyecto relacionado con la industria de procesos químicos

2. Metodología

En el curso de mecánica de fluidos, impartido a estudiantes de ingeniería química de la Universidad Pontificia Bolivariana, se lleva a cabo una experiencia de aprendizaje por equipos de trabajo, relacionada con el dimensionamiento de tuberías y la especificación de equipos para el transporte de líquidos. Se considera que esta actividad contribuye al desarrollo del *Student Outcome 2* de ABET dado que el estudiante aplica diseño de ingeniería para transportar un fluido de un punto a otro considerando aspectos tales como la seguridad de procesos y de equipos, al igual que factores asociados a lo económico.

Dentro de los objetivos de este ejercicio se encuentra: seleccionar el tipo de tubería basado en la información de compatibilidad de materiales, indicar la trayectoria de la tubería, seleccionar una bomba centrífuga, verificar que la bomba seleccionada cumple con el valor de la energía mínima en la succión (NPSH, acrónimo en inglés de cabeza de succión positiva neta) e indicar costos de operación.

El reto consiste en transportar un fluido específico desde un punto a otro en el interior del Ecocampus UPB Laureles (Medellín), donde el sistema de bombeo incluirá desplazamientos horizontales y verticales para el fluido. La información a partir de la cual cada grupo de trabajo debe desarrollar el reto consiste en el fluido a transportar, el caudal y la temperatura. Mediante un documento en pdf, se le informa al estudiante sobre 9 actividades que debe llevar a cabo, las cuales se enuncian de manera resumida a continuación:

- Indicar los valores de densidad, viscosidad y presión de vapor del fluido asignado, además realizar una breve introducción acerca de las características físicas y químicas del líquido



- seleccionar las posibles alternativas de tubería que pueden emplearse para transportar el líquido problema
- Definir el tamaño de la tubería con base en el valor de caudal asignado, con base en valores de velocidad de flujo recomendable
- Dimensionar los tanques con base en un tiempo de operación del sistema de bombeo
- seleccionar un medidor de flujo de presión diferencial (de los vistos en clase), además se debe indicar las dimensiones del medidor y la diferencia de presión que dará para ese flujo.
- Realizar un plano del sistema de bombeo que incluya medidas y accesorios
- Se debe seleccionar una bomba centrífuga real indicando N (rpm), diámetro de impulsor, potencia, eficiencia y NPSH_R
- Calcular el valor máximo de presión en el sistema, con el objetivo de verificar si la tubería elegida resiste la presión
- Estimar los costos de operación de la bomba (COP\$/año)

Durante el semestre, cada uno de los grupos de estudiantes realiza entregas parciales con el objetivo de ir avanzando con el desarrollo de las actividades del proyecto, estas entregas hacen parte de evaluaciones formativas en las cuáles hay retroalimentación a cada grupo de trabajo, pero no hay calificación. Al final del semestre, los estudiantes realizan una presentación oral de 10 minutos en la cual debe mostrar los resultados para las 9 actividades listadas previamente a este párrafo. La presentación se realiza frente a un jurado integrado por docentes y un ingeniero químico vinculado a la industria. Dentro del grupo de docentes, que actúa como jurado, están aquellos profesores de cursos de semestres superiores, tales como ingeniería de las reacciones químicas o diseño de procesos.

Para la evaluación se cuenta con una rúbrica previamente establecida. En la Tabla 1 se muestra la rúbrica con sus criterios y seis niveles que van desde excelente hasta nulo. Para cada criterio hay un porcentaje que le acompaña y éste indica el valor de ponderación de ese criterio en el 100% de la calificación definitiva.

Tabla 1. Rúbrica para la evaluación de las presentaciones orales del trabajo de fluidos

Crite- rios/Ni- veles	Excelente	Sobresaliente	Aceptable	Deficiente	Insuficiente	Nulo
Tiempo de exposición 10%	El tiempo de la exposición no excede en ± 1 minuto (0.5)	El tiempo de la exposición no excede en ± 2 minuto (0.4)	El tiempo de la exposición no excede en ± 3 minuto (0.3)	El tiempo de la exposición no excede en ± 5 minuto (0.2)	El tiempo de la exposición es inferior a los 5 minutos o superior a 15 minutos (0.1)	No se cumple con el criterio (0)



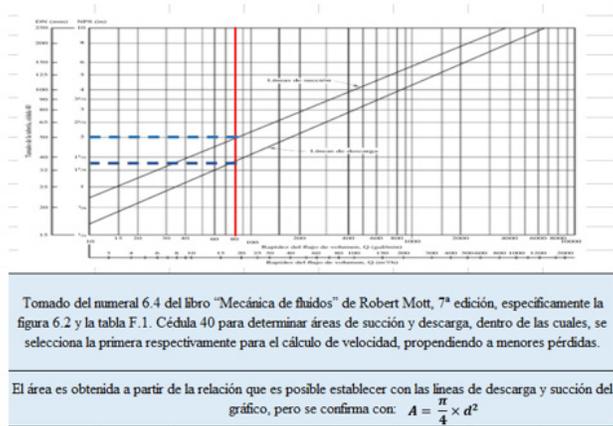
Apropiación del tema 20%	Expone con claridad, posee buena dicción y domina el tema (1.0)	Expone con claridad, posee buena dicción y no muestra dominio completo del tema (0.8)	Expone con claridad, presenta dificultades en dicción y no muestra dominio completo del tema (0.6)	Expone con claridad, presenta dificultades en dicción y no hay dominio del tema (0.4)	Expone con dificultad, no tiene dicción y no hay dominio del tema (0.2)	No hay evidencia (0)
Herramienta de apoyo (20%)	Claridad en la información presentada en las diapositivas – no hay errores ortográficos -Se muestra plano completo y claro del sistema (1.0)	Claridad en la información presentada en las diapositivas – hay errores ortográficos -Se muestra plano completo y claro del sistema (0.8)	Claridad en la información presentada en las diapositivas – hay errores ortográficos -Se muestra plano incompleto del sistema (0.6)	Hay algunas ideas no claras en las diapositivas hay errores ortográficos -Se muestra plano incompleto del sistema (0.4)	No hay claridad en la información presentada en las diapositivas – hay errores ortográficos -No se muestra plano del sistema (0.2)	No se cumple con este criterio 0
Diseño – contenido 30%	Se presenta la información completa de la selección del diámetro de tubería -Cálculo de pérdidas -selección de la bomba centrífuga y su NPSH (1.5)	Falta o se presenta información errónea de uno de los siguientes elementos: selección del diámetro de tubería -Cálculo de pérdidas -selección de la bomba centrífuga y su NPSH (1.2)	Falta o se presenta información errónea de dos de los siguientes elementos: selección del diámetro de tubería -Cálculo de pérdidas -selección de la bomba centrífuga y su NPSH (0.9)	Falta o se presenta información errónea de tres de los siguientes elementos: selección del diámetro de tubería -Cálculo de pérdidas -selección de la bomba centrífuga y su NPSH (0.6)	La información del diseño del sistema no corresponde a lo solicitado o toda la información presentada es errónea (0.3)	No hay evidencia (0)
Costos operacionales 10%	Los costos se indican correctamente como también la información empleada para la obtención de éstos (0.5)	Los costos se indican correctamente pero la información para la obtención de éstos está incompleta (0.4)	El resultado de los costos es erróneo pero la información para la obtención de éstos está completa (0.3)	El resultado de los costos es erróneo como también la información para la obtención de éstos está incompleta (0.2)	El resultado de los costos es erróneo y no se presenta la información para la obtención de éstos (0.1)	No hay evidencia (0)
Respuesta a preguntas del jurado 10%	Responde a todas las preguntas de manera clara y con buenos fundamentos en los conceptos. (0.5)	Responde a algunas preguntas de manera clara y con buenos fundamentos en los conceptos (0.4)	Responde a algunas preguntas de manera clara pero no aplica bien los conceptos (0.3)	Responde a algunas preguntas de manera no clara pero aplica bien los conceptos (0.2)	Responde a algunas preguntas de manera no clara y además no aplica bien los conceptos (0.1)	No hay respuesta a las preguntas (0)



3. Resultados y discusión

3.1. Evidencias obtenidas del proyecto

En las Figuras 2 y 3 se muestran algunas evidencias de lo realizado por los estudiantes y lo cual está asociado con el SO2 de ABET, puesto que a partir de un diseño de ingeniería dan solución considerando diferentes aspectos tales como la seguridad, definiendo la tubería apropiada para que resista la máxima presión del sistema o evitar la cavitación en la bomba para evitar daños en la máquina como también factores económicos mostrando costos operacionales para la bomba seleccionada y en ocasiones costos de capital.



Costo REAL			Costo 1 hora	\$	5 576	COP\$
Potencia	7.5	Kw	Costo 6 horas	\$	33 458	COP\$
Costo Kwh	747.5	COP\$	Costo al mes	\$	836 453	COP\$
Horas día	6	h	Costo anual	\$10 037 430		COP\$
Días mes	25	días				
Meses año	12	meses				

Figura 2. Resultados para el diámetro de succión – descarga y costos operacionales para transporte de acetona

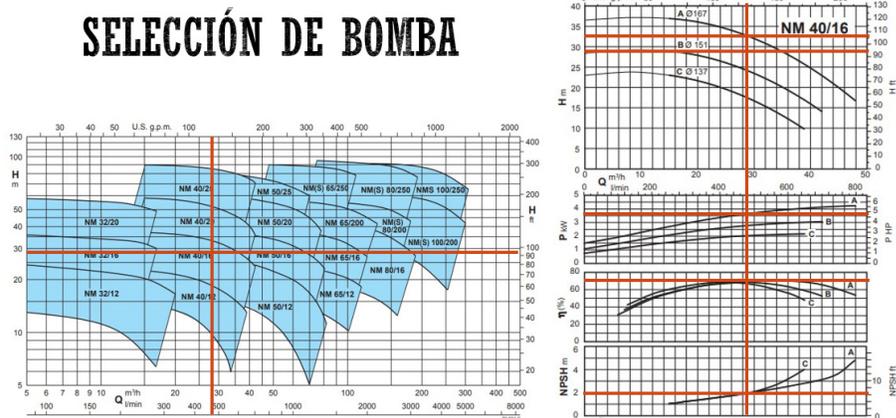


Figura 3. Resultados de selección de bomba centrífuga para benceno

Con estas actividades el estudiante se enfrenta a aplicar estándares de ingeniería que le permiten dominar un conocimiento más profundo de fundamentos técnicos (Vélez-Salazar, Rendón-Castrillón, Ramírez-Carmona, Ocampo-López, & Castrillon-Hernandez, 2012), comprender las reglas heurísticas para establecer restricciones relacionadas con un diseño de ingeniería y establecer sus condiciones operacionales.



3.2. Percepción de los estudiantes y evaluadores externos frente al ejercicio

Desde el 2016 hasta 2022 se ha efectuado este ejercicio evaluativo y durante este tiempo se ha ido mejorando con base en observaciones de los evaluadores externos.

Con el objetivo de conocer la percepción de los estudiantes del primer semestre de 2022 y de los evaluadores (de los últimos 3 años) se realiza una encuesta que permite clasificar, en cinco niveles diferentes, aspectos relacionados con la comprensión de algunos temas tratados en este ejercicio. En las Figuras 4 y 5 se muestran los resultados de la encuesta para estudiantes y evaluadores externos, respectivamente. En estas figuras se indican con letras en mayúscula, de la A a la F, los aspectos revisados en las encuestas. A continuación, se muestra la correspondencia entre el tema tratado en la encuesta y la letra que se indica en las figuras.

A: Comprensión de la ecuación de energía aplicada a un sistema de bombeo

B: Entendimiento de la influencia de variables y parámetros en problemas que involucran el cálculo de las pérdidas en un sistema de tuberías, p. ej., diámetro de tubería

C: Interpretación de la información técnica para las bombas (curvas de cabeza, eficiencia, potencia, entre otras)

D: Comprensión de los conceptos de cavitación y cabeza neta de succión positiva (NPSH)

E: Diferenciación entre los costos de capital y los costos de operación en un proyecto de ingeniería

F: Reflexión sobre diferentes aspectos para la implementación de los equipos y accesorios en un proyecto de ingeniería (ubicación de: bomba, válvulas, medidor de flujo entre otros)

Según se observa en la Figura 4, un gran porcentaje de estudiantes manifiesta que esta experiencia es enriquecedora, puesto que de 14 alumnos encuestados, más del 70% de los estudiantes clasifican los aspectos en el nivel 4 y 5. Se destaca que el aspecto B, relacionado con el entendimiento de la influencia de variables y parámetros, obtuvo el nivel más alto (5) para todos los estudiantes, pero también el aspecto A, relacionado con la comprensión de la disipación de energía (pérdidas) y la aplicación de la ecuación de conservación de energía está con más del 92% con clasificación en 5. También hay buenos resultados para los aspectos C y E, indicando que el estudiante está asimilando la información técnica para las bombas como también está diferenciando entre los costos de capital y los de operación.

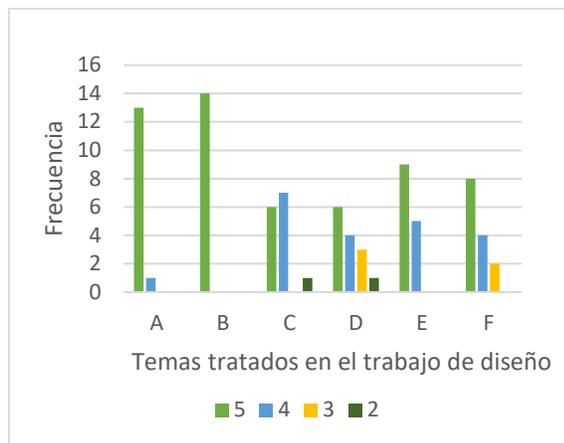


Figura 4. Resultados de la encuesta a estudiantes con respecto a diferentes temas trabajados en el ejercicio evaluativo.

La percepción de los evaluadores sobre la comprensión también es muy positiva, pues el 80% de los evaluadores, tanto docentes de cursos de semestres superiores como ingenieros químicos vinculados a la industria, indican que hay una alta comprensión (nivel 5), como se observa en la Figura 5.

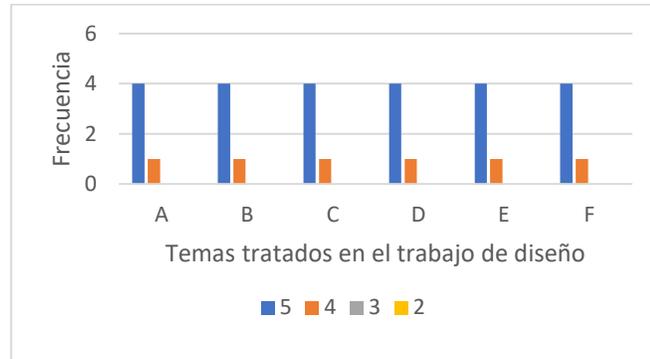


Figura 5. Resultados de la encuesta a evaluadores con respecto a diferentes temas trabajados en el ejercicio evaluativo

Los evaluadores externos también dieron su opinión con respecto al trabajo, dando respuesta a varias preguntas abiertas. En la Tabla 2 se muestran las respuestas de los diferentes evaluadores encuestados.

Tabla 2. Comentarios de los evaluadores al trabajo de diseño de sistema de bombeo.

Participante	Experiencia profesional en ingeniería química	Indique aspectos positivos que el trabajo de mecánica de fluidos aporta en la formación del ingeniero químico	¿Qué sugerencias u oportunidades de mejora tiene en torno a este ejercicio evaluativo?
Evaluador 1	7 años en la industria, en el área de diseño, control y seguridad de procesos químicos y con experiencia docente en el curso de control de procesos	Conocimiento en ubicación de bombas, interpretación de curvas, costos, toma de decisiones con respecto a aspectos no solo se mecánica de fluidos sino también de seguridad de procesos.	Me parece que como primer abrebocas a un proyecto capstone es excelente ejercicio. Me gustaría ver qué tuvieran equipos intermedios o mayor instrumentación para la toma de decisiones con respecto a caídas de presión.
Evaluador 2	Ingeniero químico con experiencia práctica en Ecopetrol 6 meses en procesamiento crudo pesado y 2.5 años en ingeniería de proyectos, ingeniero líder de varios proyectos y desde la gestión administración	Le da herramientas y la habilidad de ir de lo general a lo específico de un problema desde el ruteo de un sistema de bombeo, cálculos de pérdidas hasta análisis micros como pérdidas, Reynolds y fenómenos de transporte aplicados.	Sugeriría hacer un ejercicio tipo troubleshooting donde se den unos casos específicos y el estudiante deba "rediseñar" y justificar ese rediseño basado en su análisis y así como proponer posibles orígenes o causas raíz a los problemas (incremento T, pérdida P, incremento viscosidad, etc)
Evaluador 3	Experiencia relacionada en gran parte con adhesivos industriales hot melt, water	Mejora o inicia su experiencia de presentación de proyectos. Toma de decisiones bajo cálculos teóricos vs cálculos reales.	Dado el caso, no se realice en la actualidad, extender este tipo de actividades en otras asignaturas.

	base, reactivos y otros. En áreas de laboratorio, técnica y ventas.	Enfrentarse a retos de consecución de información del mercado. Contextualización de escenarios reales a ideales	Fijar un monto mínimo y máximo, para el total del costo de implementación al momento de presentar los resultados financieros.
Evaluador 4	Docencia, investigación y la prestación de servicios para empresas	Solución de problemas acotados con restricciones reales. Búsqueda autónoma de información. Trabajo autónomo, Trabajo en equipo	Que el estudiante sea cada vez más consciente de propuestas de diseño coherentes con la realidad
Evaluador 5	Experiencia en el diseño y puesta en marcha de procesos industriales. Docencia universitaria	Enfrenta a los ingenieros químicos a tomar decisiones, buscar información técnica en catálogos, revisar la compatibilidad de materiales en el transporte de determinado fluido, los enfrenta a las restricciones espaciales y a dimensionar equipos de acondicionamiento de la presión (bombas), e incorporar medidores.	Abrir la posibilidad a trabajar con fluidos complejos con reología no newtoniana, similar a lo que se encontrarán en industria alimenticia, plantas de tratamiento, etc.

Se ha considerado que la mirada externa de ingenieros químicos con experiencia industrial ha servido para la evaluación de los aprendizajes y a su vez como retroalimentación de estos cursos. Este ejercicio tiene como objetivo la evaluación de los conocimientos adquiridos de los estudiantes y con base en lo que muestran las encuestas es claro que la interpretación de la información, los resultados y su interpretación es más amplia que con otras experiencias de evaluación, además la apropiación de conceptos es mejor, pues esto lo comentan los evaluadores externos tal como se puede ver en la columna 3 de la Tabla 2.

Esta experiencia de aprendizaje influye positivamente en el pensamiento crítico de los estudiantes, ya que en el ejercicio hay preguntas del jurado que exigen un análisis más profundo del tema y no simplemente que el estudiante se enfoque en entregar un resultado numérico como puede ser el de una prueba escrita, además como se indica en la Figura 4, para el tema tratado indicado con la letra B, el estudiante percibe que hay buen entendimiento con respecto a la influencia de las variables y los parámetros que están involucrados en el cálculo de las pérdidas en un sistema de tuberías, p. ej., diámetro de tubería, pues en los cálculos es común los cambios de diámetros o de otros parámetros y así el estudiante observa e interpreta la información para luego tomar decisiones respecto al diseño.

4. Oportunidades de mejora

Este es un ejercicio que está en construcción y que continuamente se ha ido mejorando con base en las sugerencias de los evaluadores externos y de los docentes del curso. Se han identificado las siguientes oportunidades de mejora:

- Es deseable que el ejercicio evaluativo desarrolle evidencias que se consoliden en el tiempo para contrastar el cambio en la calidad de los trabajos.



- Con el propósito de conocer el tiempo de dedicación a este ejercicio se incluirá preguntas asociadas a este aspecto en futuras encuestas.
- Se puede explorar la actividad tipo troubleshooting como lo señala el evaluador 2, pues esto le permite al estudiante ampliar puntos de análisis para que no espere siempre una situación siempre ideal y se enfrente a situaciones nuevas.
- Introducir algunos estándares de ingeniería
- Conectar los instrumentos de evaluación de esta actividad con las rúbricas de programa definidas para el Student Outcome 2 de ABET

5. Conclusiones

En el curso de mecánica de fluidos de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Pontificia Bolivariana se lleva a cabo un ejercicio evaluativo relacionado con el dimensionamiento de tuberías y la especificación de equipos para el transporte de líquidos. que se considera ha permitido mejorar el aprendizaje significativo de los estudiantes.

Con base en resultados de las encuestas, tanto evaluadores externos como estudiantes han indicado que hay una buena comprensión de los diferentes conceptos trabajados en los temas de flujo a través de tuberías y bombas para transporte de fluidos.

92% de los estudiantes encuestados indican que la comprensión de la ecuación de conservación de energía aplicado a sistemas isotérmicos está en el nivel más alto (valor indicado con 5) como también indican buena asimilación de la información técnica para las bombas y lo relacionado con los costos de capital y de operación.

Trabajo autónomo, trabajo en equipo, toma de decisiones, revisión de catálogos técnicos, dimensionamiento de equipos, interpretación de resultados, interpretación de información técnica entre otros son los aspectos que los evaluadores consideran como positivos y que contribuyen al desarrollo del *Student Outcome 2*.

6. Referencias

- ABET. (2022). ABET Accreditation. Retrieved June 10, 2022, from <https://www.abet.org/accreditation>
- Fogler, H. S., & Hirshfield, L. J. (2021). Process Safety Across the Chemical Engineering Curriculum. *ACS Chemical Health & Safety*, 28(3), 183–189. <https://doi.org/10.1021/acs.chas.0c00116>
- Jibril, B., & Houache, O. (2013). A Sustainable Process for Continuous Program Improvement towards Accreditation. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 102, 352–360. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.750>
- Universidad Pontificia Bolivariana. (2022). Ingeniería Química en Medellín. Retrieved June 10, 2022, from <https://www.upb.edu.co/es/pregrados/ingenieria-quimica-medellin>
- Vélez-Salazar, Y., Rendón-Castrillón, L., Ramírez-Carmona, M., Ocampo-López, C., & Castrillon-Hernandez, F. (2012). Desarrollo de Productos por Síntesis Orgánica a través de una Ruta Integradora



de Asignaturas del Pregrado. In Universidade Do Minho (Ed.), *Project Approaches in Engineering Education PAEE 2012* (pp. 405–413). Sao Paulo: Universidade Do Minho. Retrieved from http://paeedps.uminho.pt/proceedingsSCOPUS/PAEE2012_proceedings.pdf

Sobre los autores

- **Hader Alzate Gil:** Ingeniero Químico, Doctor en Ingeniería - Área Materiales – de la Universidad Pontificia Bolivariana. Profesor titular. hader.alzate@upb.edu.co
- **Carlos Ocampo López:** Ingeniero Químico, Doctor en Ingeniería - Área energía y Termodinámica – de la Universidad Pontificia Bolivariana. Profesor Titular. carlos.ocampo@upb.edu.co
- **Fabio Castrillón Hernández:** Ingeniero Químico, Magister en Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana. Profesor Titular. Fabio.castrillon@upb.edu.co
- **Luis Alejandro Forero Gaviria:** Ingeniero Químico, Doctor en Ingeniería - Área energía y Termodinámica - de la Universidad Pontificia Bolivariana. Coordinador académico programas de Ingeniería Química e Ingeniería Ambiental de la Universidad Pontificia Bolivariana. Profesor asociado. luis.foreroga@upb.edu.co
- **Jorge Sánchez Toro:** Ingeniero Químico, Magister en Ingeniería Química, Doctor en Ingeniería Química de la Universidad de Puerto Rico. Profesor titular. jorgeh.sanchez@upb.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2022 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

