



APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS (ABP) PARA LA ADQUISICIÓN DE CONOCIMIENTOS RELEVANTES EN EL DISEÑO DE INTERCAMBIADORES DE CALOR

Paola Bustos Gutiérrez, Universidad del Bío-Bío, Dpto de Ingeniería en Maderas, pdbustos@ubiobio.cl Jorge Saavedra Molina, Universidad del Bío-Bío, Dpto de Ingeniería en Maderas, jsaavedra@ubiobio.cl Laura Reyes Núñez, Universidad del Bío-Bío, Dpto de Ingeniería en Maderas, laurarn@ubiobio.cl

RESUMEN

Los fenómenos de transporte son un aspecto fundamental en la formación de los Ingenieros Civiles Químicos ya que su conocimiento es lo que les permite a futuro llevar a cabo funciones básicas dentro de la industria. Lamentablemente, gran parte del conocimiento adquirido en estos tópicos es sólo teórico, por tanto los recién egresados presentan dificultades a la hora de enfrentarse a problemáticas industriales reales una vez que comienzan su vida laboral. El objetivo de esta intervención fue darle a los estudiantes una mirada más realista en el caso específico de intercambiadores de calor, esto, de forma que adquirieran conocimientos relevantes y duros sobre el diseño y la operación de los mismos, junto con ello, se esperaba que adquieran habilidades en relación al trabajo en equipo y pensamiento crítico, ambas competencias declaradas en el programa de la asignatura. Para el cumplimiento de los objetivos se aplicó la metodología de aprendizaje basado en problemas (ABP) con una duración de cuatro semanas. En este tiempo, los equipos de estudiantes debieron ser capaces de abordar un problema real, relacionado directamente con el diseño de un intercambiador de calor. El diseño se llevó a cabo en forma teórica y práctica. El enfoque que le dieron al problema así como el diseño y la configuración del intercambiador escogido debieron ser debidamente justificados al finalizar la experiencia.

PALABRAS CLAVES: Aprendizaje basado en Problemas, Transferencia de Calor, Diseño de equipos, Caracterización de estudiantes, KPSI, Inventario de Perry.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a lo señalado por muchos autores a nivel internacional (Lehman *et al.* 2008;Hitt, 2010; Shinde e Inamdar, 2013), en el ámbito de la ingeniería existe gran discrepancia entre las características del ingeniero que requiere la industria y el graduado que sale de la universidad, dichas diferencias están relacionadas principalmente con las habilidades que se espera tenga el graduado: creatividad, colaboración, pensamiento crítico y comunicación, las cuales no estarían siendo abordadas adecuadamente en los planteles educativos, especialmente en aquellos que siguen el enfoque tradicional de enseñanza donde el profesor es el dueño y transmisor único del conocimiento.

En el caso específico de la ingeniería química, un estudio publicado por Ramírez y colaboradores señala que dados los retos que se plantean en el área de aquí al año 2025, es mandatorio que los programas académicos se mantengan actualizados "con miras a un enriquecimiento teórico y práctico en conocimientos y habilidades que se adapten al nuevo orden económico y tecnológico mundial" (Ramírez et al. 2016). Bajo esta premisa estos autores, y otros del área, señalan que el sector educativo en ingeniería debe centrar sus esfuerzos en garantizar el logro de capacidades mínimas para que los nuevos ingenieros puedan hacer frente a estos desafíos, dentro de las cuales las habilidades para recoger información y de autoaprendizaje están dentro de las más valoradas (Hasna, 2008; Ramírez et al. 2016; Miller, 2017).





Dentro de la malla curricular, los fenómenos de transporte (Movimiento, Calor y Masa) son un aspecto fundamental en la formación de los Ingenieros Civiles Químicos ya que el conocimiento adquirido en estos tópicos es lo que les permitirá a futuro llevar a cabo las funciones de planificación, diseño y operación de los equipos dentro de las plantas de proceso que requieran sus servicios. En el caso particular de la transferencia de calor, los alumnos de tercer año de la carrera de Ingeniería Civil Química adquieren los conocimientos asociados a través de una asignatura del mismo nombre. Hasta la fecha, los tópicos relevantes de la misma se han desarrollado netamente de forma teórica, de forma que el profesor transmite el conocimiento y los estudiantes transcriben y memorizan problemáticas específicas que olvidan inmediatamente una vez que han realizado las pruebas correspondientes. Este estilo de "aprendizaje" conlleva a que cuando se enfrentan a una situación más aplicada, como lo es el Diseño de un Intercambiador de Calor, no sepan cuál o cuáles de los conceptos que ya han "aprendido" pudieran ser relevantes a la hora de dar respuesta a lo solicitado. Si esto se mantiene en el tiempo, con ésta y otras asignaturas, se está formando a los profesionales que la Industria de Procesos no necesita, ya que, tal como se ha mencionado anteriormente, la demanda de la Industria en relación a los Ingenieros está más enfocada a profesionales que no sólo sean una fuente de conocimientos teóricos sino que también sean capaces de desarrollarse plenamente en la resolución de problemas.

En virtud de la problemática expuesta se hace necesario buscar alternativas que permitan revertir este tipo de situaciones ya que a larga perjudicarán el desempeño profesional de nuestros estudiantes, en este sentido, existen una serie de herramientas metodológicas (método de casos, aprendizaje basado en problemas, aprendizaje basado en proyectos, enseñanza justo a tiempo, entre otras) que pueden aplicarse en el aula y que se ha probado generan un impacto positivo en el aprendizaje de los estudiantes. Dentro de las estrategias anteriormente mencionadas, el aprendizaie basado en problemas (ABP) se ha instalado en los últimos años fuertemente en muchas instituciones de educación superior ligadas al área de la ingeniería (Prince, 2008), esto porque el método en sí plantea poner a los alumnos en presencia a un problema real de la disciplina antes de entregarle los conocimientos, bajo este escenario, los estudiantes se ven en la obligación de aprender sobre aquellos tópicos que serán útiles para encontrar una solución a la situación planteada. Bajo este esquema de trabajo la responsabilidad del proceso de aprendizaje pasa a los estudiantes y el profesor se convierte en un tutor o facilitador del proceso. Estos desafíos junto con promover en el estudiante la necesidad de aprender, desarrollan una base de conocimiento caracterizada por su profundidad y evaluación crítica, y sirve además, para desarrollar habilidades de comunicación y relaciones interpersonales a través del trabajo colaborativo en busca de una meta común, todos los cuales son factores importantes a la hora de enfrentarse a la realidad profesional [Mills y Treagust, 2003, Saptono, 2003; Northwood et al. 2003; Shinde e Inamdar, 2013).

En base a todo lo anteriormente expuesto el objetivo principal de este trabajo consistió en la incorporación de la Metodología de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en la asignatura de Transferencia de Calor, específicamente en la unidad de Intercambiadores de Calor.

DESARROLLO

Grupo Control

Durante el segundo semestre del año 2016 se dictó la asignatura de Transferencia de Calor donde la última unidad correspondió al Diseño de Intercambiadores de Calor. Los contenidos de esta unidad se vieron de la forma tradicional, es decir, clases expositivas, durante dos semanas,





después de esto, se les entregó a los estudiantes una tarea final donde debieron realizar el diseño de un intercambiador de calor.

Implementación del ABP

La metodología se llevó a cabo de acuerdo a los lineamientos de Grassia et al. (2016).

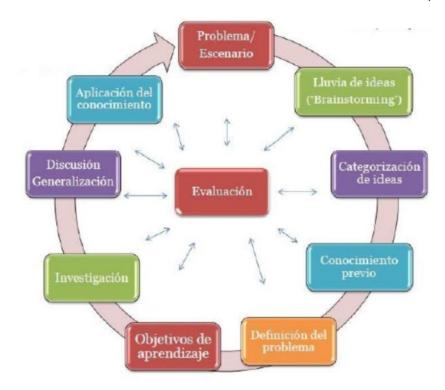


Figura 1. Proceso de Trabajo para Aprendizaje Basado en Problemas de acuerdo al método seguido por la Universidad de Strathclyde (Grassia *et al.* 2016)

Formación de Equipos

Los equipos fueron de 4 a 5 integrantes. Libre asociación

Preparación

La preparación del material así como de los instrumentos de evaluación se llevó a cabo entre los meses de marzo y mayo. En este tiempo se investigaron y redactaron los problemas de investigación, se buscaron los test que mejor pudieran caracterizar y representar desde el punto de vista metacognitivo la adquisición de conocimientos relevantes a la temática, se diseñaron y validaron rúbricas de evaluación y se elaboraron encuestas de apreciación que permitieran medir adecuadamente el progreso y la actitud de los estudiantes frente a la metodología aplicada, para esto, se tomaron como ejemplo aquellos cuestionarios que se muestran en Woods (2006).

Junto con esto, en la primera quincena del mes de Junio se llevó a cabo la capacitación de los facilitadores (2) los cuales tuvieron como misión apoyar al docente durante todo el desarrollo de la actividad.





Periodo y forma de aplicación

La metodología se llevó a cabo entre el 26 de Junio y el 31 de Julio, lo que equivalió a 8 sesiones de 80 min. Durante la primera sesión se explicó la metodología y se trabajó con un ejemplo tipo. Esto porque era la primera vez que los estudiantes se enfrentaban a un ABP. Al finalizar la sesión se les aplicaron los test de caracterización (Kolb, 1984), reporte de conocimientos previos (KPSI) y de oportunidad de aprender (CQA), los cuales se describen en Tammir (1999). En la segunda sesión los estudiantes debieron elaborar los Contratos de Aprendizaje.

La tercera sesión abarcó los pasos 1 – 3 del ciclo mostrado en la figura 1.

La cuarta sesión abarcó los pasos 4 a 6 del ciclo mostrado en la figura 1.

En la quinta y sexta sesiones realizó una retroalimentación por parte de los facilitadores en relación a los objetivos de aprendizaje que habían definido los equipos. En este punto los equipos ya habían tenido algo de investigación autónoma y si no, se les guio en relación a lo que les faltaba profundizar.

En el periodo comprendido entre la sexta y la octava sesión (10 días) los estudiantes trabajaron autónomamente en la solución del problema, lo cual pasó por el diseño (teórico) del intercambiador propiamente tal. Junto con esto los equipos debieron desarrollar un prototipo a escala que mostrara tanto las características del diseño como las condiciones de operación.

En la octava sesión, cada equipo mostró a un panel de tres académicos en compañía de los dos facilitadores la solución que encontraron al problema que se habían enfrentado señalando las decisiones que tomaron, el porqué de las mismas y los resultados y conclusiones principales a las cuales llegaron.

Productos a evaluar

Sesión 2: Contrato de trabajo

Sesión 3: Informe técnico con ideas categorizadas. Acta de trabajo 1. Inventarios de entrada.

Sesión 4: Informe técnico con Objetivos de aprendizaje declarados. Acta de trabajo 2.

Sesión 5 y 6: Exposición Oral (5 - 8 min). Acta de trabajo 3.

Sesión 7 (y otras autónomas): Informe técnico de avance en la solución al problema.

Sesión 8: Informe técnico con detalle de la solución. Defensa oral del trabajo. Prototipo a escala. Inventarios de salida.

Además de los cuestionarios, la actividad y su desarrollo fue evaluada por los mismos estos estudiantes a través de calificación entre pares, en este punto se tomaron nuevamente como base los cuestionarios detallados por Woods (2006).

RESULTADOS

El curso este semestre estuvo constituido por 19 estudiantes, los cuales se dividieron en cuatro equipos de 4 y 5 integrantes.

Debido a la disciplina de la Ingeniería Química, los problemas estuvieron relacionados directamente con la industria de procesos. Las temáticas a abordar fueron entre otras:

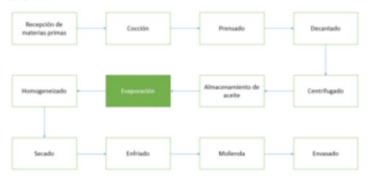
- (a) Factibilidad del uso de energía geotérmica en la Octava región
- (b) Operaciones en la Industria alimenticia
- (c) Diseño de torre de enfriamiento
- (d) Intercambiadores para fluidos de alta viscosidad
- (e) Aplicaciones en la industria farmacéutica y/o biotecnología.





Las empresas pesqueras chilenas se dedican a la elaboración de harina y aceite de pescado, conservas de pescado y distintos tipos de congelados. La empresa Camanchaca, ubicada en Coronel produce harina y aceite teniendo como materia prima el jurel y la sardina.

Su proceso de producción de aceite y harina de pescado consta de las siguientes etapas:



En nuestro proceso se generan aguas de cola, que se obtienen luego del centrifugado, en donde se separa el aceite del agua. Esta agua, contiene proteínas, aceites, sales minerales y sólidos insolubles. Nuestra empresa, con el objetivo de no perder una gran cantidad de sólidos que sirven para la producción de harina – de 50 m³ de agua de cola, se pueden extraer 2500 kg de harina de solubles – hace pasar este líquido por un evaporador de forma de concentrar los sólidos.

Debido a que estamos orientados a la sustentabilidad económica, ambiental y social, es que constantemente buscamos nuevas formas de minimizar los impactos ambientales. Para esto se implementará un proceso anterior a la evaporación para disminuir la viscosidad de esta agua. Con esto se supone un aumento en la capacidad de evaporación con lo que conlleva un aumento en los niveles de concentración, además del aumento de los niveles de proteína soluble.

Como empresa Camanchaca, necesitamos determinar los beneficios energéticos que trae en nuestro intercambiador de tubos el disminuir la viscosidad de las aguas de cola. Presentamos este desafío a estudiantes de ingeniería química para realizar su tesis de pregrado.

Enviar curriculum a:

camanchacachile@yahoo.com

Figura 2. Problema tipo de Diseño de Intercambiador de Calor en este caso para la industria pesquera Camanchaca.





En cuanto a los test e inventarios aplicados, a continuación se presentan algunos extractos de las mismas sólo a modo de ejemplo.

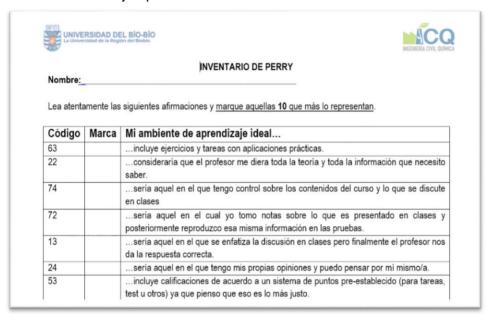


Figura 3. Extracto de Inventario de Perry, el cual da cuenta de la capacidad de adaptación y reacción de los estudiantes a experiencias ABP.

NOMBRE:					
Esta evaluación tiene como finalidad el que te puedas dar cuenta respecto de lo que sabes de "Intercambiado Calor", tu punto de partida, para que así puedas autorregular tu avance. 1. Nivel Conceptual					
CONCEPTOS	No lo sé	Sé algo	Lo sé bien	Podría explicarlo a alguien	
1. ¿Sé que es la Transferencia de calor?					
2. ¿Distingo los distintos mecanismos de transferencia de calor?					
3. ¿Sé la implicancia de los mecanismos de transferencia de calor en los intercambiadores de calor?					
3. ¿Reconozco las variables de interés en un intercambiador de calor?					
4. $_{\mbox{\it L}}$ Reconozco la importancia de los intercambiadores de calor en la Industria de procesos?					
5. ¿Distingo diferentes tipos de intercambiadores de calor?					
6. ¿Sé que es un coeficiente global de transferencia de calor?					

Figura 4. Inventario de conocimientos previos (KPSI) – Nivel Conceptual.





Nombre:	Tema:		
OBS.: En todos los casos escoja sólo	una opción. Sea ho	nesto, su opinión no se	erá divulgada.
Evaluación del Equipo		Aprecia	ación personal
(1) El equipo trabajó bien haciendo la e	xperiencia de		
aprendizaje muy interesante.			
(2) El equipo generalmente trabajó bien	con algunas		
dificultades ocasionales.			
(3) El equipo no trabajó bien en lo abso	luto lo cual hizo la		
experiencia de aprendizaje muy difícil.			
	No	mbres de los integrant	es del Equipo
	Yo		
Liderazgo			
(1) Dirigió e inspiró a los demás			
(1) Dirigió e inspiró a los demás (2) Seguidor dispuesto, tomó su labor			
Dirigió e inspiró a los demás Seguidor dispuesto, tomó su labor fácilmente.			

Figura 5. Extracto de formulario de Evaluación entre pares.

En cuanto al desarrollo de las sesiones, las siguientes imágenes dan cuenta de las distintas actividades realizadas en el marco de la intervención.



Figura 6. Sesión 2 – Elaboración de Contratos de Aprendizaje.





Figura 7.Sesión 3 – Lluvia y Categorización de ideas en presencia de Facilitador.



Figura 8. Sesión de retroalimentación



Figura 9. Entrega de materiales para elaboración de prototipo



Figura 10. Sesión final. Defensa de solución y Exposición de prototipos

Finalmente, y dado que las actividades terminaron sólo hace algunos días, no fue posible contar con los resultados finales en relación a los inventarios de conocimiento y evaluación entre pares; sin embargo; en el transcurso del mes se espera terminar de procesar los datos y por tanto poder presentarlos de forma adecuada en el Congreso SOCHEDI 2017.

CONCLUSIONES

Fue posible implementar exitosamente la metodología ABP en el curso de transferencia de calor, específicamente en el tópico de diseño de Intercambiadores de Calor. Se desarrollaron





instrumentos adecuados para la evaluación de aspectos tanto conceptuales como de apreciación por parte de los estudiantes. Los resultados preliminares muestran una alta tasa de satisfacción por parte de los estudiantes ante la metodología empleada.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad del Bío-Bío por su financiamiento a través del Proyecto Interno de Docencia 162712/DdoC

REFERENCIAS

Hasna, A. M. (2008). Problem based learning in engineering design. In *Proceedings of SEFI 36TH Annual Conference, European Society for Engineering Education*.

Grassia, P., Magüeijo, V., Ventura-Medina, E. (2016). Aprendizaje Basado en Problemas – Enfoque y Pedagogía. Universidad de Strathclyde. Capacitación a través de Proyecto Newton-Picarte. Temuco, Chile.

Hitt, J. (2010). Problem-based learning in engineering. *Center for Teaching Excellence, United States Military Academy, West Point, NY.*

Kolb, D. (1984). Experiential Learning. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.

Lehmann, M., Christensen, P., Du, X., & Thrane, M. (2008). Problem-oriented and project-based learning (POPBL) as an innovative learning strategy for sustainable development in engineering education. European Journal of Engineering Education, 33(3), 283-295.

Miller, A. PBL and STEAM Education. https://www.edutopia.org/blog/pbl-and-steam-natural-fit-andrew-miller. 20 mayo 2014. Último acceso: Marzo 2017.

Mills, J. E., & Treagust, D. F. (2003). Engineering education—Is problem-based or project-based learning the answer. *Australasian journal of engineering education*, *3*(2), 2-16.

Northwood, M. D., Northwood, D. O., & Northwood, M. G. (2003). Problem-Based Learning (PBL): from the health sciences to engineering to value-added in the workplace. *Global J. of Engng. Educ*, 7(2), 157-163.

Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of engineering education*, 93(3), 223-231.

Ramírez, C. C., Zartha, J. W., Arango, B., & Orozco, G. L. (2016). Prospectiva 2025 de la Carrera de Ingeniería Química en algunos Países pertenecientes a la Organización de Estados Americanos (OEA). *Formación universitaria*, *9*(6), 127-138.

Saptono, R. (2003, October). Is problem based learning (PBL) a better approach for engineering education. In *CAFEO-21 (21st Conference of the Asian Federation of Engineering Organization*) (pp. 22-23).

Shinde, V. V., & Inamdar, S. S. (2013). Problem based learning (PBL) for engineering education in India: Need and recommendations. Wireless personal communications, 69(3), 1097-1105.

Tamir, P. (1999). Self-assessment: the use of self-report knowledge and opportunity to learn inventories. *International Journal of Science Education*, *21*(4), 401-411.

Woods, D.R (2006). Preparing for PBL. http://chemeng.mcmaster.ca/sites/default/files/media/Woods-Preparing-for-PBL.pdf. Último acceso en Mayo 22 de 2017.