

Licencia Creative Commons (CC BY-NC 4.0)

Artículos Científicos

DOI: <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.3005>

Aprendizaje basado en problemas: Una experiencia de formación con profesores de ingeniería

Problem-Based Learning: A Training Experience with Engineering Professors

Zenaida Ávila Aguilar ^a

Recibido: 19 de enero de 2024.

Aceptado: 10 de abril de 2024.

^a Coordinación de Aprendizaje Basado en Problemas, Dirección General de Desarrollo académico e Innovación Educativa, Universidad Veracruzana (UV). Xalapa, México. Contacto: zavila@uv.mx | ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-8905-4549> *Autora para correspondencia.

Cómo citar:

Ávila, Z. (2024). Aprendizaje basado en problemas: Una experiencia de formación con profesores de ingeniería. *UVserva*, (17), 288-306. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.3005>

Resumen: La sociedad demanda que la formación de ingenieros debería sustentarse en el desarrollo de competencias y atributos que le permitan identificar, formular y resolver problemas de ingeniería con un pensamiento crítico; es por ello que, el objetivo de la presente investigación fue diseñar, implementar y analizar los resultados de la implementación de un Programa Piloto de Formación para profesores de ingeniería de la Universidad Veracruzana, creado para que los profesores que imparten las experiencias educativas de matemáticas diseñen, implementen y evalúen secuencias didácticas con enfoque en Aprendizaje Basado en Problemas. El diseño del Programa se realizó con base en modelos de formación y del Aprendizaje Basado en Problemas, y se implementó a 115 profesores durante 3 módulos. Como resultado, se observó en los profesores apertura para diseñar problemas con otro enfoque y rúbricas de evaluación, además se sintieron motivados para continuar implementando el Aprendizaje Basado en Problemas en clases.

Palabras clave: Aprendizaje Basado en Problemas; enseñanza de las matemáticas; ingeniería; modelos de formación.

Abstract: *Society demands that the training of engineers should be based on the development of skills and attributes that allow them to identify, formulate and solve engineering problems with critical thinking; for this reason the objective of this research was to design, implement and analyze implementation results a Pilot Training Program for engineering professors at the Universidad Veracruzana, created for professors who teach mathematics subjects design, implement and evaluate didactic sequences with focus on Problem Based Learning. The design of the Program was carried out based on training models and Problem-Based Learning, and it was implemented to 115 professors during 3 modules. As a result, professors were observed to be open to designing problems with another approach and evaluation rubrics, and they also felt motivated to continue implementing Problem-Based Learning in the classroom.*

Keywords: *Problem based learning; teaching mathematics; engineering; training models.*

Introducción

La Educación Superior en la actualidad tiene como misión esencial la formación de profesionales dotados de principios éticos, altamente capacitados, competentes y comprometidos con el desarrollo social, tema central de la Conferencia Mundial sobre Educación Superior convocada por la UNESCO (2009). Los puntos tratados fueron relacionados con la mejora de la calidad de la enseñanza en los centros universitarios y la necesidad de la capacitación del profesorado. Plantea la formación de expertos en planificación educativa y la realización de investigaciones pedagógicas con el fin de mejorar las estrategias didácticas, lo cual contribuye a la consecución de los objetivos de la educación para todos, además de redes para la excelencia investigadora e innovaciones en materia de enseñanza y aprendizaje.

La UNESCO (2010) propone que la formación de ingenieros se sustente en el desarrollo de competencias y atributos para su inclusión en el mercado laboral. En este sentido, el Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, A. C., (CACEI) en su Marco de Referencia 2018 para la acreditación de programas de ingeniería, criterios e indicadores (2018), asienta los atributos a desarrollar en el egresado, que incluyen: identificar, formular y resolver problemas de ingeniería; analizar e interpretar datos y utilizar el juicio de la ingeniería para establecer conclusiones; comunicarse efectivamente en distintas audiencias; entre otros. De igual forma, la propuesta de Modelo de Formación para los Ingenieros Mexicanos, refiere un listado de competencias generales y específicas que un ingeniero debe tener, como identificar, formular y resolver problemas de ingeniería de una manera innovadora; desarrollar, actualizar y aplicar un pensamiento crítico; aplicar conocimientos de matemáticas y ciencias en problemas de ingeniería; debe saber trabajar en equipos colaborativos heterogéneos y multidisciplinarios, así como creatividad, comunicación, curiosidad, etc (Secretaría de Educación Pública [SEP], 2015).

Para lograr desarrollar estos atributos y demás competencias en un estudiante de los programas educativos de ingeniería, el Modelo de Formación para los Ingenieros Mexicanos, propone “hacer uso de estrategias de aprendizaje basadas en la resolución de problemas, el estudio de casos, el desarrollo de proyectos, la modelación y simulación, la práctica en escenarios reales de aprendizaje y la vinculación, entre otros” (SEP, 2015, p. 15). Por lo tanto, el profesor de ingeniería es un elemento fundamental, pues debe estar capacitado para implementar este tipo de estrategias.

En particular, el aprendizaje Basado en Problemas (ABP), como estrategia de enseñanza–aprendizaje, ha mostrado en diversas investigaciones, Fernández y Duarte, (2013); Ortiz y Cutimbo, (2022), entre otros que promueve el desarrollo de algunas competencias y atributos requeridos en las ingenierías, descritos anteriormente y establecidos por el CACEI (2018) y en el Modelo de Formación para los Ingenieros Mexicanos (SEP, 2015), pues promueve en los estudiantes un aprendizaje significativo, el desarrollo de un pensamiento crítico y creativo, habilidades interpersonales y de trabajo en equipo, motivación, entre otros (López, 2008).

El ABP tiene características distintas a una enseñanza con métodos rígidos (tradicional) en donde generalmente los problemas consisten en aplicar los contenidos previamente expuestos por el profesor y no como producto de una reflexión, mientras que en ABP se trata de aprender matemáticas resolviendo problemas y de aprender al mismo tiempo a resolverlos, y en particular para ingeniería se procura que los problemas sean cercanos a la realidad, propiciando relacionar la práctica educativa con su entorno profesional. Esta estrategia es entendida como un eje organizador en el aula, donde el profesor debe tener diseñado un banco de situaciones problemáticas con objetivos específicos de enseñanza, organizar la resolución de dichas situaciones, de tal manera que logre su comprensión, análisis, generación y evaluación de soluciones, así como realizar discusiones guiadas, experimentando constantemente para lograr el aprendizaje del estudiante (Baptiste, 2003; Restrepo, 2005; Vila y Callejo, 2009).

En este sentido, la Universidad Veracruzana (UV), a través de su departamento Programa de Formación Académica, brinda procesos formativos competentes y de vanguardia a los profesores, a fin de fortalecer, entre otras cosas, el perfil de egreso de

sus estudiantes (UV, 2024). Bajo esta consideración, se diseñó y desarrolló un Programa Piloto de Formación del Profesorado (PPFP) donde los profesores universitarios comprenden, diseñan, implementan y evalúan secuencias didácticas con el enfoque en ABP como estrategia de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas en ingeniería, desde las sugerencias del Modelo de Formación para los Ingenieros (SEP, 2015) y los requerimientos del CACEI (2018), promoviendo así un aprendizaje cercano a la realidad en los estudiantes.

1. Marco referencial para el diseño del programa piloto de Formación del Profesorado de Ingeniería en ABP

De acuerdo con Shulman (1986) un profesional en la educación no sólo debe tener el conocimiento del contenido que imparte, también poseer el conocimiento pedagógico del contenido; en este sentido Sierra (2015) menciona que la institución a la que pertenece debe procurar su capacitación en estrategias que apoyen a su enseñanza. Para realizar esta capacitación, de acuerdo con diversas investigaciones, existen gran variedad de modelos de cursos y talleres para la formación continua de los profesores en ejercicio, acorde a los objetivos que se quieran alcanzar. Los modelos de formación de Micheli *et al.* (2013) son guía para el diseño y desarrollo de la propuesta del PPFP, ya que destacan una formación del profesorado centrada en propuestas innovadoras a través de la integración de:

- La discusión crítica de las propuestas de enseñanza/aprendizaje.
- El aprendizaje in situ con las mismas estrategias y procesos de enseñanza que se pretende aprendan e implementen posteriormente con sus estudiantes.
- La integración, discusión y socialización de proyectos innovadores implementados o experimentados por los profesores.

En este caso el objetivo del PPFP es que el profesor de ingeniería tenga el conocimiento acerca del ABP como estrategia de enseñanza-aprendizaje, analice propuestas bajo este enfoque, las incorpore en su enseñanza, a fin de formar una red de colaboración para compartirlas. Con respecto al conocimiento del ABP como estrategia, el profesor debe conocer su papel a desempeñar, lo que debe considerar para elegir su material de apoyo y cómo debería ser la organización de su clase con respecto a la misma (Pifarré y Sanuy, 2001; Santos, 2010). Por lo que en lo sucesivo se mostrará un marco referencial acerca de estos aspectos a considerar dentro del PPFP.

Para realizar la enseñanza con un enfoque en ABP como estrategia, siguiendo a Pifarré y Sanuy (2001) se deben considerar ciertos elementos:

- a) El diseño de un material didáctico.
- b) La planificación y utilización por parte del profesor de estrategias de enseñanza de modelaje y de auto interrogación.
- c) El diseño de un contexto de aprendizaje que favorece la resolución de problemas de manera colaborativa.

El papel del profesor como diseñador se vuelve fundamental para llevar a cabo esta estrategia. El diseño del material y la forma de evaluar deben ir en función de los objetivos de aprendizaje y es importante compartirlo con sus colegas que se encuentren próximos a su área de conocimiento para retroalimentar su propuesta (Sierra, 2005).

Para el diseño del material se deben considerar los diferentes procedimientos que puede utilizar el estudiante al resolver los problemas, así como indicaciones y sugerencias para apoyarlos en dicho proceso (Pifarré y Sanuy, 2001). Por lo que es de importancia considerar las características preferentes de los problemas que forman parte de este material. En este sentido, de acuerdo con Arcavi (1999), Pifarré y Sanuy (2001) y Santos (2010) los problemas a elegir o diseñar deben tener características como:

1. Sin ser triviales, deberían ser accesibles a un amplio rango de estudiantes sobre las bases de su conocimiento.
2. Que permitan diferentes métodos (estrategias) de resolución, pero no en formas obvias o rutinarias.
3. Que demanden un plan y una reflexión.
4. Que la respuesta no sea siempre el resultado de una operación, sino la formulación de un argumento, una comparación, una idea, una conexión entre conceptos, una traducción entre diferentes representaciones.
5. Debería servir como primer paso hacia exploraciones matemáticas, deben ser extensibles y generalizables.
6. No siempre haya una respuesta única al problema.

Aunado a esto y considerando que los estudiantes pertenecen a las ciencias de ingeniería, el profesor debe procurar la integración en el material, de problemas que se relacionen e integren con lo que el estudiante sabe y su entorno profesional, con el objetivo de que lo que aprende y el proceso de aprender resulte significativo (Daros, 1992).

En los planes de estudio de cualquier asignatura se exponen los contenidos y fuentes bibliográficas de apoyo, por lo que existe una gran variedad de problemas a elegir que se pueden rediseñar para darle el enfoque del ABP. Por ejemplo, modificar el propósito que persiguen convirtiéndolos de un problema de resultado único a uno de búsqueda de pautas y regularidades o a uno de optimización (Vila y Callejo, 2009).

Con respecto a la forma de organizar el ABP como estrategia didáctica en el salón de clases, aunque no podría estandarizarse dado que hay distintos estilos de enseñanza por parte de los profesores, es posible describir algunas maneras generales de llevarla a cabo. Tomando como referente la experiencia del profesorado de la Universidad de McMaste¹ con respecto a la resolución de problemas, profesores de otras universidades se sumaron a implementarla organizándola de manera muy similar, por ejemplo el

¹ La Universidad McMaster es una universidad de investigación intensiva situada en Hamilton, Ontario, Canadá, con reconocimiento en el área de la salud por iniciar con enseñanzas no tradicionales basadas en problemas: <https://www.mcmaster.ca/>

método de los siete saltos de la Universidad de Lindburg, en Maastricht, Holanda, muy similar al esquema de McMaster; el plan de los nueve eventos del ABP de la Academia de Illinois y el método de las cinco fases de ABP de la Facultad de Medicina de la Universidad de Queen, Canadá (Restrepo, 2005).

En todos los casos el profesor debe tener diseñado un banco de situaciones problemáticas con objetivos específicos de enseñanza, organizar la resolución de dichas situaciones, de tal manera que logre su comprensión, análisis, generación y evaluación de soluciones, así como realizar discusiones guiadas. A nivel teórico se han encontrado infinidad de caracterizaciones del ABP, ya sea como metodología o como estrategia didáctica, pero ambas enfocadas a la enseñanza-aprendizaje, tal como lo refieren investigadores como Arcavi (1999), Pifarré y Sanuy (2001), Restrepo (2005), Vila y Callejo (2009) y Santos (2010). Para fines de esta investigación se entiende que esta propuesta didáctica tiene como características principales:

1. La organización de la enseñanza alrededor de situaciones diseñadas.
2. La colaboración activa de los estudiantes en la construcción del conocimiento.
3. El papel de profesor es el de un guía o monitor que apoya en el proceso por medio de cuestionamientos.

Derivado de la implementación de un tema diseñado con el enfoque del ABP se procede a evaluarlo. Para ser coherente con esta perspectiva, se deben buscar instrumentos de evaluación que permitan a los estudiantes autorregular su aprendizaje y una retroalimentación entre el estudiante y el profesor. Uno de estos instrumentos son las rúbricas, en las que se establecen los criterios a utilizar para la evaluación de los resultados de aprendizaje (Delgado, 2005).

2. Métodos

En el presente trabajo se desarrolló una investigación cualitativa, siendo la metodología propuesta un estudio exploratorio (Hernández *et al.*, 2010), respecto a la experiencia del diseño e implementación del PFP, donde se buscó indagar, explorar y analizar los resultados de la capacitación realizada. La recolección de los datos para dicho análisis se realizó a través de las evidencias del trabajo solicitado a los participantes en cada uno de los módulos.

Para determinar la población a intervenir, se realizó una plática a profesores de matemáticas de las ingenierías, de las distintas regiones de la Universidad Veracruzana, donde se reflexionó acerca del ABP como estrategia de enseñanza en ingeniería y se enfatizó en el enfoque de los problemas de manera distinta, como eje organizador en el aula. Se planeó encontrar profesores interesados en implementar actividades innovadoras en el aula, que les guste trabajar de manera colaborativa y que tengan buena comunicación con sus compañeros profesores, de tal forma que después de terminar el PFP, compartieran sus experiencias e invitaran a participar a sus colegas en el diseño de material para alguna experiencia educativa o tema en común que impartan.

2.1. Población

Después de esta intervención, se inscribieron al Programa 19 profesores de la región Xalapa, 18 de Veracruz, 36 de Poza Rica, 25 de Cd. Mendoza-Orizaba y 17 de Coatzacoalcos, es decir, un total de 115 profesores que imparten las asignaturas de matemáticas en las ingenierías de las cinco regiones de la UV. Respecto al tipo de contratación de los profesores, el 34 % eran de tiempo completo y el 66 % tenían contratación por horas.

2.2. Diseño del PFP

El programa se planteó y diseñó en tres módulos:

2.2.1. Módulo 1

El primer módulo tuvo una duración 25 horas de forma presencial. Se realizó la introducción al PFP explicando el objetivo del mismo. La mecánica de introducción al ABP como estrategia didáctica fue vivencial, pues los profesores tomaron el rol de estudiantes y los instructores de monitores. Se les organizó en equipos para la resolución de un problema. Un integrante de cada equipo pasó a exponer las formas diferentes de resolver el problema. Se cerró la actividad explicándoles que todo lo experimentado forma parte del ABP como estrategia de enseñanza con respecto a la elección del problema, la organización para su implementación y el cierre.

Si el problema que resolvieron permitió distintas formas de resolución, ¿qué se debe considerar para elegirlos? Esta fue una manera de llevarlos a la reflexión de las características que deberían tener los problemas preferentemente, para llevarlos a cabo con el enfoque de esta estrategia de enseñanza, priorizando que existen muchos problemas a los cuales se les puede cambiar el propósito y el objetivo.

En este mismo sentido se les proporcionaron lecturas para reflexionar acerca de su papel a desempeñar en el aula con esta estrategia y con respecto a que si el modelo educativo institucional busca el desarrollo de competencias ¿estamos evaluando acorde a ello?

Derivado del análisis de la unidad didáctica de un curso de Cálculo con el enfoque en ABP cargada en la plataforma institucional EMINUS, los profesores diseñaron un nuevo problema o rediseñaron uno de los que se propusieron y lo expusieron a sus demás compañeros. También los cargaron a la plataforma para que fueran visualizados por los participantes de todas las regiones, propiciando el inicio de la red de colaboración para compartir las buenas prácticas.

Al finalizar el módulo y para iniciar el siguiente, los profesores se organizaron en equipos de trabajo teniendo un tema en común de matemáticas, independientemente de la asignatura que impartirían durante el semestre inmediato, de tal forma que dicho tema se abordara de manera transversal en distintos niveles.

Al término del módulo se les aplicó un cuestionario de opinión, para conocer las fortalezas y áreas de oportunidad del PFP desde la perspectiva de los profesores; las preguntas fueron:

1. ¿Cuál fue tu opinión general con respecto al desarrollo del primer módulo del curso?
2. ¿Qué consideras que fue lo más relevante en tu formación en el primer módulo?
3. ¿Cuáles son las áreas de oportunidad que detectaste en el primer módulo?

Para fines de esta investigación, se analizó únicamente la primera pregunta, en la que se categorizaron las respuestas en dos rubros: opinión respecto al diseño del primer módulo de PFP y respecto a la forma en la que se implementó.

2.2.2 Módulo 2

Se llevó a cabo de forma no presencial, en modalidad virtual, durante 4 meses, dándole seguimiento a través de un curso creado en la plataforma EMINUS. Se realizó un registro de la participación de los profesores a través de una lista de cotejo en los siguientes criterios:

1. Diseño de las situaciones problema: revisión de las situaciones problema propuestas por los profesores, retroalimentación por medio de sugerencias a su estructura, contenido y a los cuestionamientos, y seguimiento al rediseño de la propuesta. Las propuestas de situaciones se revisaron de acuerdo con las características preferentes de los problemas expuestas en el primer módulo.
2. Diseño de los instrumentos de evaluación: donde se les indicó que evaluaran cualitativa y cuantitativamente a los estudiantes, después de hacer su intervención con la propuesta de situaciones problemas (evaluación con respecto al contenido de la propuesta).
3. Evidencias de la implementación: de las situaciones problema llevadas a cabo con el enfoque en ABP se les pidieron fotografías, videos y/ o comentarios de los estudiantes de su clase.

2.2.3 Módulo 3

Tuvo una duración de 5 horas presenciales. En este módulo los integrantes de cada equipo expusieron sus experiencias al implementar y evaluar las situaciones problema desarrolladas en el segundo módulo. Las experiencias de los participantes se solicitaron en un documento en formato libre, y se categorizaron en ventajas y desventajas del uso de ABP en el salón de clases, a fin de realizar el análisis de las respuestas.

3. Resultados

Los resultados de la implementación del curso se estructuraron de acuerdo con cada uno de los módulos.

3.1. Módulo 1

Con las propuestas de problemas generadas y expuestas por los profesores en el primer módulo se creó un espacio de debate acerca del planteamiento de estos y al cargarlas en EMINUS, las demás regiones lo visualizaron, propiciándose con ello el inicio de una red de colaboración en la cual compartieron sus propuestas y en algunos casos hicieron comentarios al respecto. En el transcurso del primer módulo se les mostraron a los profesores ejemplos en los cuales los problemas tienen otro enfoque, como un medio para la introducción a un contenido o concepto; en este sentido, algunas propuestas buscaban una reflexión, comparación o estimación de un modelo matemático para la comprensión de un concepto, como se puede ver a continuación:

Las funciones exponenciales tienen la forma matemática siguiente:

$$y = b^c$$

Donde b se conoce como base y c como exponente. Generalmente, la base es un valor constante y el exponente es variable. En diversas aplicaciones de ciencia e ingeniería se pueden obtener conjuntos de datos que se presentan en forma tabular, tales como los siguientes:

Tabla 1
Posición de una partícula en el tiempo

Tiempo	Posición
0	1.09
1	2.76
2	7.41
3	20.12
4	54.61
5	148.46
6	403.45
7	1096.63
8	2981.04
9	8103.16
10	22026.01

Fuente: Elaboración propia.

1. ¿Puedes identificar la variable dependiente y cuál la independiente en el modelo exponencial $y = b^c$?
2. ¿Qué falta conocer del modelo?
3. ¿Puedes calcularlo considerando un par de datos de la **Tabla 1**? En caso de complicaciones ver la Nota al profesor
4. ¿Qué sucede con el cálculo si consideras otros datos de la **Tabla 1**?
5. ¿Te es familiar este valor?

Nota al profesor: Considere que estos datos representan una función exponencial. Para cada par de datos el modelo exponencial se debe satisfacer. Por ejemplo, considerando: $y = \text{posición} = 20.12$ y $c = \text{tiempo} = 3$. Se debe cumplir, para la igualdad: $20.12 = b^3$. ¿En este caso cuanto debe valer b para que

se cumpla la igualdad? Proponga valores de b hasta que se cumpla la igualdad. Utilice otros valores de la tabla y repita el proceso.

Sin embargo, en algunos casos sus propuestas eran problemas en los cuales primero se proporcionaba el concepto y después se realizaban sus aplicaciones, como en el siguiente ejemplo de aplicación de fórmulas trigonométricas:

Don Adolfo es un ejidatario y escuchó comentar a un profesor que todo estudiante egresado de secundaria puede calcular perímetros, áreas y volúmenes de formas geométricas regulares e irregulares. La propiedad del Sr. Adolfo es de 73.5 ha (Hectáreas), siendo el terreno rectangular y en la escritura aparece un croquis con la siguiente información, la diagonal del terreno mide 1300 m, el ángulo que se forma con la diagonal y el eje X es de 30° y los linderos coinciden con los ejes X, Y. De tal forma que el hijo de don Adolfo acaba de terminar sus estudios de secundaria, por lo tanto le pide que calcule el área para verificar si efectivamente es la cantidad de terreno que aparece en la escritura.

Por otro lado, en la primera pregunta del cuestionario de opinión, acerca de la percepción de los profesores con respecto al primer módulo, es observable su apertura para implementar esta estrategia de enseñanza basada en la resolución de problemas, que se vio fortalecida por el diseño de las actividades con respecto a la estrategia y al enfoque en su área (ingeniería), tal como se muestra en la **Tabla 2**:

Tabla 2

Resumen de las opiniones de los participantes respecto al módulo 1 del PFPP

Opinión primer módulo	
Diseño	Considero que lo realizado en el primer módulo me da un panorama acerca del ABP y motiva a continuar participando.
	Fue bastante adecuado para conocer las tendencias que se están desarrollando en el área de aprendizaje de las matemáticas y también para empezar con el manejo de la técnica del ABP.
	El primer módulo estuvo muy interesante ya que se nos mostraron problemas ya diseñados para tomar como base e implementarlos en el aula.
Implementación	Es una herramienta para la enseñanza que podría funcionar para el área de ingeniería. La enseñanza fue a base de ejemplos.
	Muy útil y agradecí que fuera una persona del área técnica la que impartiera el curso.
	Este primer módulo fue muy interesante, pues no fue impartido de forma tradicional, sino que vivimos la estrategia que vamos a aprender.

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Módulo 2

A continuación, se describen los resultados con respecto a los criterios establecidos para monitorear el avance de los profesores en el transcurso de este módulo.

3.2.1. Diseño de situaciones problema

Las propuestas de los equipos fueron desde distintos enfoques y planteamientos, en general prevalecieron conjuntos de problemas secuenciales con cuestionamientos para llegar a la reflexión de un tema y por otro lado, el planteamiento de una situación abierta para la introducción a un tema. Tal es el caso de la propuesta del paracaídas, en la cual cada equipo de estudiantes debería elaborar un paracaídas que durara el mayor tiempo posible en el aire, de cualquier dimensión o material, con el único requerimiento de incluir una pelota de esponja de tamaño mediano.

Una vez realizado el paracaídas, todos los equipos participarían en una competencia y después de ello argumentarían de acuerdo con la física, las razones por las cuales su paracaídas duró menos o más tiempo en el aire; de esta forma a través de un problema real se buscaría que los estudiantes comprendieran conceptos de fuerzas de acción y reacción para establecer la Tercera Ley de Newton.

Para los problemas secuenciales con cuestionamientos, se realizó un cotejo de acuerdo con las características preferentes del enfoque de ABP, por lo cual se les sugiere a los equipos de profesores su rediseño, en caso de ser necesario, como se puede observar en los ejemplos de la **Tabla 3**, en donde se muestran tres propuestas de situaciones problema, su retroalimentación y la propuesta rediseñada.

En la primera se observa que no se establecen los objetivos de aprendizaje y se hacen preguntas direccionadas, en la segunda se establecen claramente los objetivos de aprendizaje, pero con el planteamiento no se lleva al estudiante a lograrlo y en la tercera no se establece el objetivo de enseñanza y contiene una pregunta direccionada, y en todos los casos se atienden las sugerencias en el rediseño.

Tabla 3

Propuestas de situaciones y rediseño de acuerdo con observaciones

Propuesta de situación problema	Retroalimentación	Rediseño de la propuesta
Curso: Probabilidad y Estadística Unidad I: Estadística Descriptiva Tema: <i>conceptos básicos</i> Situación 1. Descripción: La estadística es la ciencia que utiliza teorías y métodos para recopilar, organizar, analizar e interpretar información para hacer inferencias. Esta información o datos pueden ser: cualitativos (cualidades o categorías) o cuantitativos (valores numéricos). Determina si la siguiente información es cualitativa o cuantitativa y por qué a) PAN, PRI, PRD, Convergencia, MORENA b) Las edades de un grupo de niños del kínder Juárez c) Los tiempos de reacción de una mezcla de combustión del metano d) Los colores de las lunetas en un paquete de chocolates M&M	Se sugiere que antes de dar los conceptos, los estudiantes analicen la información. Por ejemplo, darles esa lista de datos cualitativos y cuantitativos, los estudiantes en equipos discutirán qué datos se pueden obtener de cada inciso y si distinguen tipos de datos diferentes. Finalmente, con el apoyo del profesor cerrar el problema confirmando que unos son de tipo numérico y otras cualidades o categorías, y dar el nombre formal de cada uno. Es importante agregar el objetivo y las respuestas de lo que se espera que el estudiante conteste y agregar las notas al profesor (un ejemplo de una nota sería el cierre que hace el docente para dar el nombre a los dos tipos de datos).	Objetivo: Analizar los diferentes tipos de datos que se presentan en la estadística descriptiva Situación 1. Lee la siguiente información a) PAN, PRI, PRD, Convergencia, MORENA b) Las edades de un grupo de niños del kínder Juárez c) Los tiempos de reacción de una mezcla de combustión del metano d) Los colores de las lunetas en un paquete de chocolates M&M e) Las tallas: CH, M, G, EX en que vienen las camisetas que vende don José f) Las temperaturas en que una sustancia se evapora <i>Con base en ella contesta:</i> 1. ¿Cuáles son tus variables? 2. ¿Qué diferencias observas entre ellas?

- e) Las tallas: CH, M, G, EX en que vienen las camisetas que vende don José
 f) Las temperaturas en que una sustancia se evapora

3. ¿Qué características tienen los datos que observas?

Respuestas:

- 1.- partidos políticos, edades, tiempos de reacción, colores, tallas, temperaturas.
- 2.- que algunos representan cualidades y otras cantidades.
- 3.- los datos cualitativos representan cantidades que se expresan mediante cualidades o categorías, en tanto que los datos cuantitativos representan valores numéricos.

Notas al profesor: Los incisos a), d) y e) representan datos cualitativos, que son datos que representan cualidades o categorías; en tanto que los incisos b), c) y f) representan datos cuantitativos, que son datos que representan cantidades numéricas.

Propuesta: Situaciones Modeladas mediante un Sistema de Ecuaciones Lineales 2x2.

Objetivo. Que el estudiante sea capaz de modelar cada una de las situaciones propuestas mediante un sistema de dos ecuaciones lineales en dos variables, y lo resuelva por alguno de los métodos básicos como sustitución, suma y resta ó igualación. Con la finalidad de introducirlo al tema "Sistemas de Ecuaciones Lineales".

Situación 1: Un zoológico tiene aves (bípedos) y bestias (cuadrúpedos). Si el zoológico tiene 60 cabezas y 200 patas, ¿cuántas aves y cuántas bestias viven allí?

-Agregar preguntas que lleven al estudiante al planteamiento de la expresión algebraica

-Buscar la reflexión de lo que implica la resolución de un sistema de ecuaciones, que es a lo que se desea llegar.

-Una vez que se plantee el sistema de ecuaciones que las preguntas lleven al estudiante a un proceso de resolución.

-Agregar las respuestas esperadas y notas al profesor.

Rediseño de la Situación 1: Un zoológico tiene aves (bípedos) y bestias (cuadrúpedos). Considerando que en el zoológico se cuentan 60 cabezas y 200 patas, realiza lo que se te pide a continuación.

(a) ¿Cómo puedes modelar matemáticamente el hecho de que el número total de cabezas en el zoológico es 60?

(b) ¿Cómo puedes modelar matemáticamente el hecho de que el número total de patas en el zoológico es 200?

(c) ¿Cuántas aves y cuántas bestias viven en el zoológico? Comenta cómo obtuviste la respuesta.

Respuestas:

(a) x =número de aves, y =número de bestias. (b) $x+y=60$.

(c) $2x+4y=200$.

(d) Formar con las expresiones obtenidas en los incisos (b) y (c) un sistema de dos ecuaciones lineales en las dos variables " x " y " y " y resolverlo por alguno de los métodos antes mencionados, para obtener que $x=20$ y $y=40$; es decir, 20 aves y 40 bestias.

Nota al profesor: Se espera que en este inciso los estudiantes utilicen, de un equipo a otro, los diferentes métodos de resolución de sistemas de ecuaciones lineales 2x2, con el entendido de que los métodos ya fueron estudiados con anterioridad en secundaria y bachillerato.

¿Qué le sucede a $f(x) = x^2 + 3$ cuando x se acerca a 3?

1. Tabular en tablas por separado los valores obtenidos en la evaluación de la función.
2. Hacia qué valor tiende el rango, o recorrido de la función, con valores próximos a 3 por la izquierda, y por la derecha, aun considerando los siguientes:

2.9	3.1
2.99	3.01
2.999	3.001
2.9999	3.0001

3. Por más valores que se acerquen a 3 por izquierda y derecha, ¿a qué valor se acerca el rango?
4. ¿Podemos obtener un valor diferente?
5. ¿Cómo podemos llamar a ese valor del rango?

-Establecer el objetivo de la secuencia didáctica para el tema, por ejemplo, qué tipos de límites se verán o sus propiedades.

-Replantear la pregunta 4 de tal forma que la respuesta no sea un "sí o no".

-Enriquecer la secuencia didáctica con más problemas y/o el uso de las TIC para una mejor visualización.

Objetivo: El estudiante reconocerá y aprenderá lo que le sucede a una función (llegar a una solución) cuando la variable x se acerque al límite otorgado a la misma.

¿Qué le sucede a $f(x) = x^2 + 3$ cuando x se acerca a 3?

1. Tabular en tablas por separado los valores obtenidos en la evaluación de la función.
2. Hacia qué valor tiende el rango, o recorrido de la función, con valores próximos a 3 por la izquierda, y por la derecha, aun considerando los siguientes:

2.9	3.1
2.99	3.01
2.999	3.001
2.9999	3.0001

3. Por más valores que se acerquen a 3 por izquierda y derecha, ¿a qué valor se acerca el rango?
4. ¿Qué podemos obtener si se continúa acercando a 3 por la derecha y también por la izquierda?
5. ¿Cómo podemos llamar a ese valor del rango?

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 Diseño de los instrumentos de evaluación

Con respecto a este criterio, las propuestas de los instrumentos de evaluación del tema desarrollado e implementado con los estudiantes fueron variadas; las que predominaron fueron las que evalúan la situación problema que los estudiantes resolvieron en clase, las que evalúan a los equipos de estudiantes (**Tabla 4**) y las de coevaluación entre los equipos de estudiantes, en todos los casos con sus respectivas puntuaciones y niveles de desempeño (**Tabla 5**).

Tabla 4

Rúbrica de evaluación de desempeño de los equipos de estudiantes

Competencia	Evaluación del equipo: Integrantes	Nivel de desempeño				Puntaje obtenido
		Bueno (4)	Regular (3)	Deficiente (2)	Malo (1)	
Saber	Identifican las variables físicas involucradas en la actividad					
	Reconocen leyes físicas al explicar la actividad					
	Formulan hipótesis fundamentadas					
Saber- hacer	Todos los integrantes explican de manera clara lo que hicieron en la actividad					
	Argumentan la elección de los materiales de acuerdo					

	<p>con los elementos que intervienen en la actividad</p> <p>Realizan la construcción del paracaídas apoyados en leyes de la física</p> <p>Realizan conclusiones pertinentes de acuerdo con la observación y análisis</p>
Saber -ser	<p>Entregan de manera clara y puntual su informe</p> <p>Todos los integrantes colaboraron para realizar su actividad</p> <p>Se organizan de manera ordenada para realizar su actividad</p> <p>El prototipo presentado tiene originalidad</p>
Calificación de la actividad	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5
Puntuaciones y nivel de desempeño

Total de puntaje	Nivel de desempeño
34 - 44	Bueno
23 - 33	Regular
12 - 22	Deficiente
0 - 11	Malo

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3. Evidencias de implementación

Las evidencias de implementación de las situaciones problema consistieron en fotografías, videos, concentrado de resoluciones de las situaciones y de instrumentos de evaluación; y en algunos casos reporte por parte de los estudiantes participantes. De acuerdo con algunos videos, se observó que los profesores organizaron a sus estudiantes en equipos, los guiaron en la resolución de las situaciones y al final los exhortaron a exponer sus resultados. Los siguientes tres fragmentos muestran la reflexión de algunos estudiantes después de la intervención del profesor con respecto a la estrategia de enseñanza, lo cual es una evidencia que con el ABP los estudiantes se sienten motivados al resolver problemas cuando se les proporcionan herramientas de resolución como lo son las estrategias, en este caso la de desglosar las variables del problema, esto propiciando su confianza para intentar solucionar problemas futuros de su área.

1. La experiencia que me dejó esta actividad fue agradable y satisfactoria, la cual me gustó mucho en la manera que se propuso el problema, la orientación que se dio para su resolución y el apoyo que se nos brindó durante el proceso del análisis, de lo aprendido puedo decir que el trabajo en

equipo me gustó mucho como también el objetivo principal que fue el de resolver un problema desglosando todas sus variables, me gustaría que estas experiencias se repitieran a menudo para desarrollar más nuestro aprendizaje.

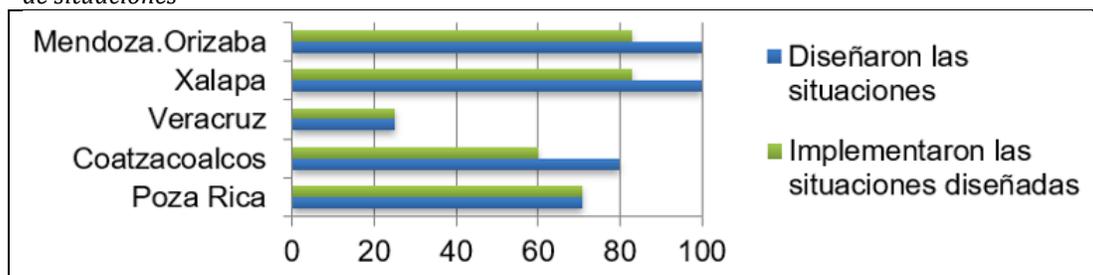
2. Personalmente pienso que la propuesta da paso a un aprendizaje más razonado ya que con esto, no sólo damos solución matemática de un problema en la vida cotidiana, si no que damos soluciones más elaboradas de acuerdo con las condiciones del espacio.

3. La actividad fue muy acertada puesto que realmente nos estamos preparando para proponer soluciones en el campo laboral empleando técnicas y métodos matemáticos y para esto estamos adquiriendo conocimientos en las distintas experiencias educativas. Con esta técnica de enseñanza nos enfrentamos a situaciones a las que estaremos expuestos una vez que ya seamos profesionistas; y de manera autónoma procesamos los datos para buscar la manera más conveniente de solucionar una determinada problemática.

En general, de acuerdo con la lista de cotejo de la participación de los profesores (con respecto a los criterios 1, 2 y 3) en el módulo 2, la mayoría de las regiones participaron activamente en las actividades propuestas. En la **Figura 1** se muestran los equipos de profesores que diseñaron las situaciones problema y los que llegaron a implementarlas con sus estudiantes, algunos hicieron su diseño de problema pero carecieron de seguimiento en la etapa de rediseño, por lo que no avanzaron hacia la implementación.

Figura 1

Porcentaje de participación de los equipos profesores por región en el diseño e implementación de situaciones



Fuente: Elaboración propia.

3.3. Tercer módulo

Con las exposiciones de los profesores se compartieron las buenas prácticas al haber implementado la estrategia de ABP en el salón de clases. Los profesores mencionaron en sus exposiciones que observaron más ventajas que desventajas. Los resultados de sus experiencias documentadas se muestran en la **Tabla 6**.

Finalmente, respecto a la cantidad de participantes que culminaron el PPFPP por región se muestra en la **Tabla 7**.

Tabla 6
Ventajas y desventajas de la implementación de ABP

Experiencia obtenida	
Ventajas	Se propicia el interés en los estudiantes
	Se incita la creatividad.
	Se promueve un aprendizaje colaborativo.
	Hay más reflexión.
	Se resuelven problemas de aplicación.
Desventajas	Se tiene un aprendizaje más vivo y cercano a la realidad.
	Hay temas complicados para implementar ABP.
	El tiempo que lleva su implementación es mayor.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7
Porcentaje de participación de los profesores por región

Región	Participación
Cd. Mendoza-Orizaba	82 %
Xalapa	82 %
Veracruz	25 %
Coatzacoalcos	60 %
Poza Rica	70 %

Fuente: Elaboración propia.

4. Discusión

De acuerdo con los comentarios de los profesores en el primer módulo, es observable que el modelo mediante el cual se llevó a cabo el diseño del PFP, en especial el hacer vivencial la estrategia de ABP, fue un hecho que propició el interés para su implementación, tal como lo refieren Micheli *et al.* (2013) con respecto a la planeación del PFP.

Sin embargo, un cambio de paradigma con respecto al enfoque de los problemas es un tema en el cual todavía queda mucho por hacer en futuros PFP de ABP, de acuerdo con Cohen (1990) y O'Shea y Leavy (2013). En este sentido, Fernandes y Vale (1994) exponen el comportamiento práctico de dos profesores noveles que habían participado en el mismo programa de formación en torno al ABP como estrategia de enseñanza, pero a la hora de llevarla a la práctica, en el caso de uno de ellos, se antepusieron las concepciones arraigadas durante su formación anterior, por encima de lo aprendido en el curso sobre ABP.

No obstante, una vez finalizado el PFP los profesores se sintieron motivados para continuar implementando esta estrategia de enseñanza en el salón de clases, observaron que se propició interés en los estudiantes, su creatividad, un trabajo colaborativo, la reflexión, entre otras. Resultados concordantes con Vila y Callejo (2009) con respecto al cambio en la disposición de los estudiantes para la resolución de problemas, cuando se implementan estas estrategias.

Este tipo de ventajas observables por profesores que han implementado ABP se describen en la investigación de Perdomo y Felmer (2017), quienes exponen que produjo cambios en su manera de ver la matemática y en su manera de concebir un

problema matemático, que sus estudiantes ahora tienen mayor motivación para la matemática, están más interesados, que aprendieron a discutir en grupo, que buscan explicaciones a lo que hacen, que se atreven con los desafíos, e incluso un profesor manifiesta que sus estudiantes han mejorado sus evaluaciones.

5. Conclusión

Cuando los profesores, así como los estudiantes, son agentes activos en la construcción de conocimiento se generan aprendizajes significativos, es importante que los profesores reflexionen sobre este tema cuando se integran a un programa de formación del profesorado, en este Programa Piloto llegaron a la conclusión que deben seguir capacitándose en otras estrategias de enseñanza, que al igual que el ABP, contribuyan a un aprendizaje cercano a la realidad para el desarrollo de las competencias indispensables del perfil de egreso del estudiante de ingeniería.

Los problemas siguen siendo un foco de importancia en la formación de ingenieros, si se logra mantener la red de colaboración con los profesores para que compartan sus diseños de problemas y los resultados de su implementación, se tendría suficiente material para ir incorporando esta estrategia de manera paulatina en distintos programas educativos de ingeniería. En este PFP se generaron problemas que fueron visualizados por todos los profesores, retroalimentándolos con sus sugerencias y siendo un referente para la construcción de sus propuestas. Este intercambio de experiencias entre pares contribuye a una mejora continua en el proceso de enseñanza, ya que es una manera de compartir las buenas prácticas y fomentar la innovación educativa.

Los tipos de estudiantes a nivel generacional son diferentes de acuerdo a los cambios en la sociedad, esto conlleva a una búsqueda constante de estrategias innovadoras de la enseñanza para alcanzar los objetivos planteados, por ejemplo, los objetivos planteados en el perfil del egresado del plan de estudios, que requieren los organismos acreditadores y que se asientan en el Modelo de Formación para Ingenieros, los cuales se enfocan en ciertas competencias y atributo que debe de tener cualquier egresado de ingeniería para su inserción en el campo laboral. En este sentido, se debe transitar por diferentes formas de evaluación, para aportar evidencias del desarrollo de estas competencias y atributos. La evaluación es un tema que debe profundizarse en otros PFP, pues es emergente y con muchas áreas de oportunidad para futuras investigaciones.

Finalmente, una propuesta de mejora del PFP con respecto al diseño de las situaciones problema, podría ser que los profesores desarrollen en el primer módulo, un tema del área de ingeniería con sus objetivos, situaciones problemáticas, posibles respuestas y con sugerencias al profesor, y su evaluación. Con ello tendrían un ejemplo concreto para realizar posteriormente sus diseños en el tema que elijan.

Referencias

- Arcavi, A.** (1999). Y en matemáticas, los que instruimos ¿qué construimos? *Revista números de la didáctica de las matemáticas*, 38, 39-56. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2343631>
- Baptiste, S.** (2003). *Problem-Based Learning: A Self-Directed Journey*. Slak.
- Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería [CACEI].** (2018). *Marco de Referencia 2018 para la acreditación de programas de ingeniería: Criterios e indicadores*. CACEI. http://cacei.org.mx/nv/nvdocs/marco_ing_2018.pdf
- Cohen, D.** (1990). A revolution in one classroom: the case of Mrs. Oubier. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 12(3), 311-329. <https://doi.org/10.2307/1164355>
- Daros, W.** (1992). *Teoría del aprendizaje reflexivo*. Instituto Rosario de Investigaciones en Ciencias de la Educación. UNR-CONICET. <https://tinyurl.com/yyfff8k9>
- Delgado, I.** (2005). *Aprendizaje basado en problemas: un reto para la evaluación*. En C. Sola (Ed.), *Aprendizaje Basado en Problemas: De la teoría a la práctica* (pp. 159-172). Trillas.
- Fernandes, D. y Vale, I.** (1994). Two young teachers conceptions and practices about problem solving. *In proceedings on the 18th international conference for the psychology of mathematics education*, (2), 328-335.
- Fernández, F. y Duarte, J.** (2013). El aprendizaje basado en problemas como estrategia para el desarrollo de competencias específicas en estudiantes de ingeniería. *Formación universitaria*, 6(5), 29-38. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062013000500005>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M.** (2010). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill.
- López, M.** (2008). El aprendizaje basado en problemas. Una propuesta en el contexto de la educación superior en México. *Tiempo de Educar (en línea)*, 9(18), 199-232. <http://www.redalyc.org/pdf/311/31111811003.pdf>
- Michelini, M., Santi, L. y Stefanel, A.** (2013) La formación docente: un reto para la investigación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10, 846-870. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92028937024>
- Ortiz, J. y Cutimbo, G.** (2022). Aprendizaje basado en problemas: una metodología aplicada a la asignatura universitaria Matemática Básica. *Revista Tecnología, Ciencia Y Educación*, (22), 155-172. <https://doi.org/10.51302/tce.2022.820>
- O'Shea, J. y Leavy, A.** (2013). Teaching mathematical problem-solving from an emergent constructivist perspective: the experiences of Irish primary teachers. *Journal Math Teacher Education*, 16, 293-318. <https://doi.org/10.1007/s10857-013-9235-6>
- Perdomo, J. y Felmer, P.** (2017). El taller RPAula: activando la resolución de problemas en las aulas. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 21(2), 425-444. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56752038023>
- Pifarré, M., y Sanuy, J.** (2001). La enseñanza de estrategias de resolución de problemas matemáticos en la ESO: Un ejemplo concreto. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), 297-308. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21745>.

- Universidad Veracruzana [UV].** (2024). *Programa de Formación de Académicos (ProFA)*. UV. <https://tinyurl.com/ycxv6drb>
- Secretaría de Educación Pública [SEP].** (2015). *Propuesta del Modelo de Formación para los Ingenieros Mexicanos*. SEP. <https://tinyurl.com/2s3n3dn7>
- Shulman, L.** (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. <https://doi.org/10.2307/1175860>
- Restrepo, B.** (2005). Aprendizaje Basado en Problemas (ABP): una innovación didáctica para la enseñanza universitaria. *Revista Educación y educadores: Colombia*, 8, 9-19. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83400803>
- Santos, L.** (2010). *La resolución de problemas matemáticos: fundamentos cognitivos*. México: Trillas: Asociación Nacional de Profesores de Matemáticas.
- Sierra, F.** (2005). Una visión de los roles en una actividad ABP. En C. Sola (Ed.), *Aprendizaje Basado en Problemas: De la teoría a la práctica* (pp. 105-116). Trillas.
- UNESCO** (2009). La nueva dinámica de la educación superior y la investigación para el cambio social y el desarrollo. *Conferencia Mundial sobre la Educación Superior*. París, 5-8 de julio de 2009.
- UNESCO** (2010). *Engineering Report United Nations Educational*. UNESCO. <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001897/189753e.pdf>
- Vila, A. y Callejo M.** (2009). *Matemáticas para aprender a pensar: el papel de las creencias en la resolución de problemas*. Narcea.