



Innovación en la enseñanza: La integración de tres asignaturas de la especialidad de aguas en la Escuela de Ingeniería en Construcción de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Autores: Luis López Quijada¹, Andrés Fernández Barrera¹, Álvaro Peña Fritz¹ y María Claudia Ruiz Salinas²

¹ Doctores, Ingenieros, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

² Estudiante de Ingeniería Civi PUCP.

ABSTRACT

En el presente artículo, se expone el desarrollo del proyecto **Innovación en la enseñanza e integración de tres asignaturas de la especialidad de aguas**, financiado por la Vicerrectoría Académica de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, el cual consiste en la innovación metodológica de la enseñanza para mejorar el efecto de la docencia en el trayecto formativo de las competencias de tres asignaturas: Hidráulica, Hidrología e Hidráulica Aplicada. Estas se desarrollan una después de la otra y, hasta hace poco, su enseñanza era exclusivamente expositiva, ya que no generaba ni la motivación ni el efecto necesario en los estudiantes que les permitiera visualizar las ventajas del conocimiento en el área, ni el deseo de seguir investigando los temas tratados en clase. Por otro lado, al finalizar las tres asignaturas, se podía observar cierta dificultad al utilizar el conocimiento adquirido.

El proyecto consistió en cambiar la didáctica de las clases, lo cual generó impactos significativos en el proceso de enseñanza. Así, en cada una de ellas, se comenzó a impartir conocimientos con herramientas didácticas distintas, dependiendo del objetivo y los logros esperados, implementando hitos de evaluación que antes no existían.

A modo de conclusión, se puede informar que, a partir de los hechos observados en estos primeros meses, los alumnos han adquirido motivación en lo que respecta a aprender, se ha incrementado la cantidad de alumnos que desean hacer memorias y prácticas profesionales en el área de aguas, y han mejorado las notas de los alumnos, así como las evaluaciones de los profesores.

Palabras claves

Hidráulica, modelos, prototipos, hidrología

INTRODUCCIÓN

La Facultad de ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso cuenta con 5.000 alumnos distribuidos en 9 escuelas. Una de ellas es la Escuela de Ingeniería en Construcción, la cual comenzó a dar clases el año de fundación de la universidad (1928) y, actualmente, cuenta con una matrícula de 400 alumnos.

LUIS LOPEZ QUIJADA

Se tituló de Ingeniero Constructor e ingeniero Civil en Chile, ha obtenido dos licenciaturas en ingeniería en el mismo país, realizó su Doctorado en la Universidad de Cantabria en España, investigando sobre los sistemas flexibles de estabilización de taludes, donde estudió métodos de diseño de barreras dinámicas, participando en la concepción, diseño, construcción, instalación y ensayo de la barreras IBT 150. Ha realizado clases en la Universidad de Cantabria España, en la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, en el pre grado, postgrado y pos títulos de la Pontificia Universidad Católica de Chile, en la Universidad del Mar, en la Universidad Católica del Maule, en la Universidad de las Américas y en la Universidad Tecnológica de Chile. Tiene 4 diplomados, 3 de los cuales se orientan a la docencia Universitaria, uno de Docencia Universitaria, uno de Responsabilidad Social Universitaria y el último sobre Evaluación en Ingeniería. Es revisor de Revistas ISI y de proyectos de La Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica CONICYT. Actualmente es profesor Adjunto de la Escuela de Ingeniería en Construcción de la Pontificia Universidad de Valparaíso y se desempeña en el cargo de Secretario de la Facultad de Ingeniería.

Contactos

Luis López Quijada
Doctor Ingeniero, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
luis.lopez@pucv.cl

Álvaro Peña Fritz
Doctor Ingeniero, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
alvaro.pena@pucv.cl

Andrés Fernández Barrera
Doctor Ingeniero, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Andres.fernandez@pucv.cl

Dentro de esta escuela, se encuentra el Departamento de Hidráulica y Medio Ambiente; este tiene a su cargo la docencia de las asignaturas de Hidráulica, Hidrología, Hidráulica Aplicada, Obras Sanitarias y Obras Marítimas; las tres primeras se relacionan en que las dos primeras entregan conocimientos que se aplican y profundizan en la tercera y forman parte de este proyecto.

Según algunos estudios (Programa Innova CORFO Nueva Ingeniería 2030 Fase 1, Informe 3, síntesis diagnóstica general de las Facultades de Ingeniería Chilenas, 2013), se destacan como deficiencias en la formación de los alumnos de ingeniería el poco trabajo en equipo, la falta de proactividad en el diseño de sistemas con posibilidad de manufactura, la baja comprensión práctica de fenómenos, la baja relación con obras de especialidad y la falta de asertividad en los informes de ingeniería.

Por otra parte, como buenas prácticas de pregrado, se mencionan las siguientes: alentar el contacto entre estudiantes y profesores, desarrollar la reciprocidad y la cooperación entre los estudiantes, alentar el aprendizaje activo y la retroalimentación, enfatizar el tiempo en las tareas, comunicar altas expectativas, y respetar diversos talentos y formas de aprendizaje (Seven Principles, Arthur W. Chickering, Zeldá F. Gamson). Estas nuevas metodologías buscan potenciar el desarrollo de competencias genéricas, tales como el aprender a aprender, organizar y planificar, analizar y sintetizar, aplicar los conocimientos a la práctica, expresarse con claridad de manera oral y escrita en la propia lengua, adquirir capacidad crítica y autocrítica, trabajar de forma colaborativa, tener capacidad de iniciativa y liderazgo, y conocer una segunda lengua (Galvis, 2007; Schmal, 2012).

Partiendo de lo anterior, se propuso como objetivo general el innovar en la forma de enseñanza de las asignaturas mencionadas. Como objetivos específicos, se planteó: incrementar el conocimiento de los fenómenos que se producen en los fluidos, aprender a desarrollar informes de ingeniería, relacionar los conceptos aprendidos en clases con actividades prácticas y obras reales, y aplicar el syllabus en las asignaturas.

ESTADO ACTUAL

La asignatura de Hidráulica tiene como objetivo entregar los conocimientos relacionados con la mecánica de fluidos aplicada a las obras civiles. Se abordan temas de hidrostática, fluidos en movimiento, flotación, ecuación de la momenta, bombas, tuberías y canales. En la asignatura de Hidrología, se abordan temas de distribución espacial de la precipitación, análisis estadístico de las precipitaciones, medición de caudales, escorrentía superficial y subsuperficial. Por su parte, la asignatura de Hidráulica Aplicada incluye temas de aplicación de las dos anteriores. Las tres asignaturas no se integran ni en didáctica ni en contenidos.

EL PROYECTO

Para lograr los objetivos del proyecto, se propone, en la asignatura de Hidráulica, sentar fuertes bases teóricas mediante la incorporación de prácticas de laboratorios, pruebas cortas clase a clase y la realización de modelos a escala hechos por los alumnos en grupos. Todo lo anterior les permite visualizar claramente los fenómenos y comportamientos de los fluidos, así como su interacción con las estructuras. En este caso, se trabaja mediante la metodología del desarrollo de proyectos.

En la asignatura de Hidrología, se propone que los alumnos salgan de la sala y vayan a terreno a buscar obras hidráulicas de drenaje, específicamente de alcantarillado pluvial, de manera que, en conjunto con la orientación de los profesores, los alumnos desarrollen el análisis de un caso real de diseño, donde se mezclen los conocimientos de la asignatura anterior de Hidráulica y la presente. Cada alumno debe entregar como producto final un informe técnico vinculado al diseño de la obra y presentarlo en clase.

Finalmente, en la asignatura de Hidráulica Aplicada, se propone acercar a los alumnos a la realidad de diversas obras hidráulicas, llevándolos en una gira de estudios por dichas construcciones, de manera que puedan compartir experiencias con ingenieros que trabajan en este tipo de obras. En segundo lugar, se les solicita elegir una obra existente para hacer un análisis de diseño, construcción y costo. Por último, deberán exponer este análisis en clase. Este trabajo se puede hacer entre tantas personas como sistemas hidráulicos tenga la obra.

Para dar sustentabilidad al proyecto, se solicitó un espacio físico que permita trabajar a los alumnos en el semestre (Hidráulica), se pidió otro espacio que permita mantener los modelos a escala realizados a largo plazo (Hidráulica), se habilitó un lugar para la docencia (que incorporó estos modelos y que sentó las bases para la creación de un laboratorio de Hidráulica en la escuela), se adquirió un instrumento para aforar caudales y se reparó otro que les permitió a los alumnos realizar las mediciones correspondientes a la parte de Hidrología. La escuela realizó el compromiso de entregar anualmente un monto destinado a viajes de estudios y se solicitó el compromiso de entregar un monto semestral para la asignatura de Hidráulica, que se aplique al desarrollo de sus modelos.

LOS CAMBIOS REALIZADOS

HIDRÁULICA

Anteriormente, esta asignatura se evaluaba mediante tres pruebas en el semestre sin práctica alguna. Ahora se mantienen dichas pruebas, pero se añaden pruebas cortas clase a clase que exigen un estudio semanal del alumno. Además, estos tienen sesiones de laboratorio (Figura 1) que les permiten conocer el comportamiento del agua en ensayos de pérdidas de carga, medición de caudales, canales, tuberías, bombas, golpe de ariete, entre otros. Los alumnos ven el fenómeno, lo reflexionan y entregan un informe de laboratorio que evidencie lo que aprendieron. Los resultados se evalúan mediante la calificación de los modelos a escala construidos por los alumnos, considerando cuatro etapas: la propuesta conceptual, el informe de funcionamiento, la presentación y la puesta en marcha.



Figura 1 / Alumnos en Laboratorio de Mecánica de Fluidos de la Facultad observan cambios en la presión de un fluido producto de un cambio de diámetro de una tubería



Figura 2/ Modelo de prensa de pascal realizado por los alumnos que demuestra que variando los diámetros del sistema que una dos pistones hace variar la fuerza generada. **Figura 3/** Modelo de Agotamiento de agua que muestra la variación de niveles de fluido en un medio poroso al extraer caudal. **Figura 4/** Modelo para demostrar la estabilidad de un cuerpo flotante y la relación con el cambio de centro de gravedad y metacentro.

Dado que las sesiones de laboratorio muestran fenómenos clásicos que no siempre son del interés del alumno y que, además, se presentan en unas horas definidas, sin posibilidad de que se pueda volver a ensayar o probar variaciones de las condiciones del sistema, se incorporó a la asignatura la construcción de modelos físicos hidráulicos. A principio del semestre, se presentó a los estudiantes las materias que contiene el programa de la asignatura y fotos de fenómenos hidráulicos relacionados con cada materia, para que ellos eligieran el fenómeno que quisieran reproducir, gracias a un modelo que ellos crearán en grupos de 5 personas. El modelo debe contar con un cierto rango de costo, con unas dimensiones máximas y, una vez puesto en marcha, debe funcionar solo. Todo esto se planteó con el objetivo de que el modelo pueda ser presentado en colegios y/o exposiciones. El primer semestre, los alumnos presentaron 10 modelos, los cuales incluyeron los temas de estabilidad de cuerpos flotantes, generación eléctrica, prensa de Pascal, tubos Venturi, tubos de Pitot, aforador Parshall, perfiles Creager, marcos partidores y agotamiento de aguas. De la Figura 2 a la Figura 7 se presentan algunos modelos de los alumnos.

Se espera que el estudiante asimile las bases conceptuales para el diseño, simulación y revisión de sistemas hidráulicos complejos, para que, en el futuro, con el complemento de otras materias de la línea de hidráulica, pueda cumplir exitosamente las funciones que le correspondan como profesional competente.

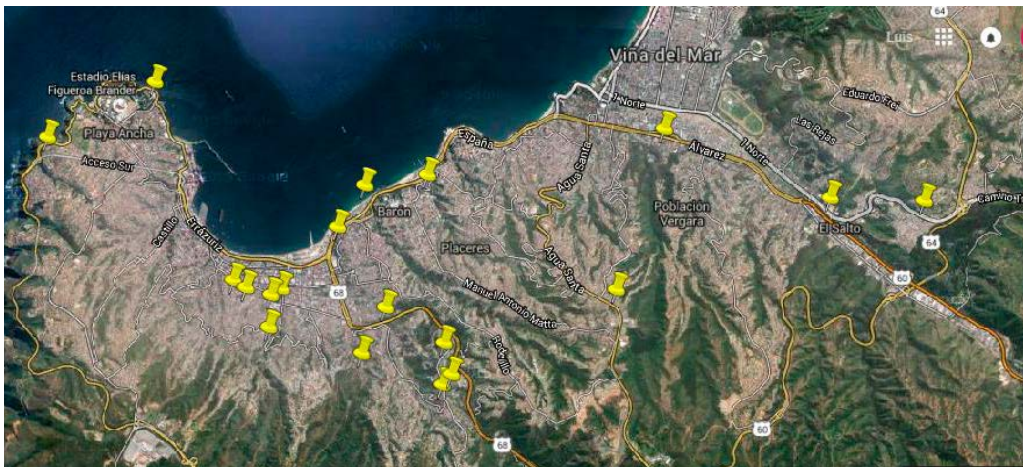
HIDROLOGÍA

Se solicitó a cada estudiante que eligiera una alcantarilla entre las ciudades de Valparaíso y Viña del Mar y que subieran su ubicación a un mapa satelital para que todos pudieran ver dónde estaban trabajando. Se observa en la Figura 8 el mapa hecho por los alumnos.

Posteriormente, los alumnos tuvieron que determinar el área de la cuenca de aporte, la precipitación por isoyetas y los datos de estaciones pluviométricas. Además, tuvieron que realizar la determinación del tiempo de concentración, la determinación del caudal de escorrentía directa y el diseño de la alcantarilla, el cual debían comparar con la alcantarilla encontrada en terreno y con las mediciones que hicieron de ella. Finalmente, presentaban sus informes con el análisis, la simulación y las conclusiones. En esta asignatura, se evalúan los informes de diseño y se destacan aquellos que se acerquen más a los valores de las obras reales y, también, aquellos que hayan tomado la mayor cantidad de variables reales. En la Figura 9 se presenta una visita de los alumnos a las obras elegidas.

HIDRÁULICA APLICADA

Actualmente, Hidráulica Aplicada tiene como objetivo dar a conocer al alumno los problemas reales de riego del país, especialmente de la Vª Región de Chile, y posibilitar e incentivar su posterior desempeño profesional en el estudio y construcción de grandes, medianas y pequeñas obras de riego.



En primer lugar, se hicieron visitas a obras relacionadas con el curso; este año, se visitó la Central Hidroeléctrica de paso Los Quilos, ubicada en la cordillera de los Andes, si-

Figura 8/ Mapa realizado por los alumnos con la ubicación de los puntos elegidos para sus trabajos, distribuidos entre las ciudades de Valparaíso y Viña del Mar.



Figura 5 Máquina para demostrar la posibilidad de generación eléctrica a través del movimiento causado por el impacto del agua en sus alabes. **Figura 6** Sistema de sifón y bomba para demostración de la existencia de presiones negativas en sistemas de funcionamiento gravitatorios. **Figura 7** Construcción de aforador Parshall para medición de caudales en flujo crítico.

tuada a pocos kilómetros de la ciudad de los Andes. En este lugar, los alumnos pudieron ver la obra hidráulica y hacer las consultas necesarias para entenderla. Esto es importante, ya que luego de la visita, los estudiantes deben elegir una obra y hacer un informe técnico de la misma: este debe contener su diseño, los elementos de construcción, y los costos de construcción y operación.

Adicionalmente al informe, se realiza una exposición al final del curso. Se evalúan los informes de visitas a obras hidráulicas y las presentaciones. Se califican positivamente aquellos que contengan la suficiente cantidad de conceptos hidráulicos aplicados en la obra.



Figura 9 / Imagen de visita a central Hidroeléctrica de pasada los Quilos ubicada en la cordillera de los Andes, cercana al paso los Libertadores entre Chile y Argentina.

En el trayecto a la Central, nos detuvimos en varios lugares para observar el funcionamiento y el estado de distintos sistemas hidráulicos, tales como compuertas, canales, aforos, sifones, sistemas de riego, entre otros. En estos puntos, vimos algunos comportamientos hidráulicos que los alumnos identificaron y, luego, los comentamos en conjunto. Posteriormente, se terminó en una piscicultura en la que los alumnos realizaron mediciones con molinete.



Figura 10 / Estudiantes realizando mediciones de Caudal mediante aforador de molinete.

Conclusiones y comentarios

Sobre el trabajo de los modelos, se puede decir que el desarrollo de los sistemas permitió a los alumnos comprobar la aplicación de los conocimientos adquiridos y que presentan errores que dependen de las condiciones de borde del problema, pero que pueden ser manejados por ellos mismos. Se desarrolló la creatividad y la innovación a través del planteamiento de un problema. Pudieron trabajar en equipo, liderarse y respetarse. El proyecto mejoró, además, la comprensión de las órdenes de magnitud de los problemas, la comunicación de resultados y los ayudó a concentrarse en las conclusiones del fenómeno más que en el ensayo mismo.

Sobre el estudio de proyecto en Hidrología, los alumnos por primera vez entendieron la integración de todas las materias de la asignatura: pudieron realizar simulaciones y comprobar el estado y exactitud de ellas. Aprendieron la terminología de las obras y se cuestionaron su funcionamiento. En las encuestas aparece recurrentemente una sensación de haber aprendido algo que entienden y pueden aplicar. Se logró así, que puedan escribir adecuadamente un informe técnico.

Respecto a la asignatura de Hidráulica Aplicada, se ha visto una mejora en los resultados de las evaluaciones, debido a que los alumnos adquieren un mayor conocimiento en las asignaturas previas. Se observa, también, una mayor participación en las propuestas de soluciones a los problemas presentados, al igual que una reflexión más sólida sobre las soluciones propuestas.

Se puede decir que todas estas actividades han sido del gusto de los estudiantes y han contribuido de buena manera a su proceso de aprendizaje. Se ha comprobado que ha sido pertinente y efectivo crear actividades distintas para cada asignatura, ya que se han logrado las buenas prácticas de pregrado definidas por Arthur W. Chickering and Zelda F. Gamson.