

La enseñanza de Hidrología y Obras Hidráulicas

Matías Bupo, Álvarez Florencia, Stehli Pablo

Departamento Ingeniería Civil

Facultad Regional Córdoba, Universidad tecnológica Nacional

Ciudad Universitaria, Córdoba, mbupo@frc.utn.edu.ar, alvarezflorencia_27@gmail.com,
pablo_stehli@hotmail.com

Resumen

El plan de estudios de ingeniería civil de la UTN, contempla la asignatura de Hidrología y Obras Hidráulicas en el cuarto año de la carrera. El objetivo general de la materia es lograr que los alumnos desarrollen la habilidad para dar solución a los problemas ingenieriles de carácter hidrológico y a su vez que cuenten con los conceptos y transferencia de experiencia en el ámbito de las obras hidráulicas, ambas ramas de la ingeniería íntimamente ligadas. Para cumplir este objetivo final, consideramos necesario proporcionar una formación basada en cuatro principios: (1) Teoría, (2) Aplicación y transferencia de experiencia en campo, (3) Experimentación, y (4) Proyecto de Ingeniería. En este trabajo se presenta la implementación de la asignatura en la Facultad Regional Córdoba orientada a formar futuros profesionales con fuerte formación básica y destreza en la solución de problemas hidrológicos y en el proyecto y diseño de obras hidráulicas.

Palabras clave: teoría, experimentación, obras hidráulicas.

1. Introducción

El perfil del ingeniero tecnológico es claro. Se presenta como un ingeniero capacitado para desarrollar sistemas de ingeniería y paralelamente desarrollar su creatividad en el uso de nuevas tecnologías, con capacidad de innovación a los efectos de dar las soluciones ingenieriles con el suficiente respaldo técnico-económico, puestos al servicio del crecimiento y desarrollo social, productivo y económico. El ingeniero civil de hoy está encargado de resolver los

problemas de infraestructura para la producción de bienes y servicios del país en general: edificios, fábricas, viviendas, puentes, carreteras, vías ferroviarias y navegables, puertos y aeropuertos, usos hidroeléctricos, sistemas de riego, defensas aluvionales, distribución de agua, desagües pluviales, cloacas, e industriales, entre otros. También entiende en seguridad, mantenimiento y operación, modernización, planificación, control ecológico y eficiente reemplazo de la infraestructura, teniendo en cuenta aspectos técnicos y económicos (UTN, 2004).

Citando las palabras de Chow (1994), "aplicaciones prácticas de la hidrología se encuentran en labores tales como el diseño y operación de estructuras hidráulicas, abastecimiento de agua, tratamiento y disposición de aguas residuales, irrigación, erosión y control de sedimentos....", y realizando una breve reflexión, es posible advertir que, si bien, conceptualmente es posible dividir la materia en dos partes muy bien diferenciadas, la Hidrología, como la ciencia que estudia los fenómenos naturales involucrados en el ciclo hidrológico, y las obras hidráulicas orientadas a resolver los problemas clásicos de índole hidráulico, definitivamente estas dos ramas están íntimamente ligadas. No es posible diseñar una obra hidráulica sin al menos los conocimientos básicos de hidrología, y de forma similar, podría decirse, que no es posible realizar estudios hidrológicos, sin conocer el tipo de obra que va a diseñarse, o en definitiva, el objetivo final del estudio.

Una estricta definición de la hidrología, la expone Chow (1964) donde expresa que la hidrología es la ciencia que estudia el agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades

químicas, físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo los seres vivos. Aceptando esta amplia definición, es necesario limitar la parte de la hidrología que se estudia en la ingeniería, y sobre todo en la ingeniería civil, a una rama que comúnmente se llama hidrología aplicada (Aparicio Mijares 2004). El ingeniero que se ocupa de proyectar, construir u operar las diversas obras hidráulicas, debe tener los conocimientos necesarios para realizar los análisis hidrológicos cuantitativos para la selección del eventos de diseño adecuado. La propuesta es acercarse a los problemas de la especialidad, integrando teoría y práctica sabiendo que es necesario abordarlas de manera complementaria, y no aislada, a los fines de entrenar un estilo de trabajo profesional racional, metodológico, fundamentado, y abierto a nuevas soluciones.

2. Propósitos

La Ingeniería Civil está considerada como parte de las "Ciencias Exactas", es bien conocido que la representación o modelación matemática de los fenómenos hidrológicos e hidráulicos de manera estricta, es sumamente compleja y en muchos casos imposible. Las formulaciones existentes para resolver los problemas ingenieriles de esta área están basados, en muchos casos, en experimentaciones de laboratorio y mediciones de campo y en consecuencia existen diversas metodologías para afrontar un mismo problema. Evidentemente las diversas metodologías fueron desarrolladas para casos particulares o sectores particulares, por lo que en el estudio de una misma problemática es posible obtener un amplio abanico de resultados posibles. Evidentemente esto genera una gran incertidumbre, sobre todo cuando no se cuenta con la suficiente experiencia o la tutela de quien la posea. Es objetivo en la formación de la hidrología y obras hidráulicas de la carrera de ingeniería civil, de la FRC – UTN, transmitir no solo la teoría y conceptos básicos necesario para la formulación y resolución de las problemáticas, sino también, desarrollar en los alumnos la capacidad de razonar y

adoptar los criterios adecuados al momento de escoger entre el abanico de resultados obtenidos. La correcta selección de la metodología, el conocimiento de sus limitaciones y restricciones, así como la capacidad de encontrar sus orígenes y asimilarlos o no al problema particular, es un desafío que está planteado y creemos que la forma adecuada de abordarlo es en base a los cuatro principios ya expuestos:

- (1) Teoría
- (2) Aplicación y transferencia de experiencia
- (3) Experimentación
- (4) Proyecto

Si se logra cumplir estos cuatro principios en la formación de hidrología y obras hidráulicas, creemos que estamos en camino hacia una formación integral dentro del área de conocimiento.

3. Hidrología y Obras Hidráulicas

La materia se desarrolla de forma anual en 12 ejes temáticos, que incluyen el siguiente contenido específico:

- Ciclo Hidrológico en la Naturaleza. Principios Básicos Hidrológicos.
- Mediciones Hidrológicas.
- Probabilidad y Estadística en Hidrología.
- Sistemas Hidrológicos en La Naturaleza. La cuenca y sus características Geomorfológicas.
- Uso de Sistemas de Información Geográfica en Hidrología. Introducción.
- Infiltración y Exceso de Lluvia.
- Transformación lluvia – caudal.
- Propagación de Ondas de Crecida.
- Introducción a la Hidráulica Fluvial.
- Obras Hidráulicas menores. Introducción al control de inundaciones y protección de márgenes.
- Diseño de canales y obras de riego.
- Emblses.

El desarrollo de la asignatura es mediante clases teóricas y prácticas. Se propone en clases la resolución de ejercicios básicos de la aplicación de la teoría, pero a su vez, se

propone el desarrollo de 8 trabajos prácticos, en donde el objetivo es resolver un problema ingenieril real, aplicando los conceptos de hidrología y los criterios de diseño de obras hidráulicas. En el primer trabajo práctico, los alumnos reciben archivos en formato KMZ con sectores de la provincia de Córdoba, el cual será el lugar de estudio a lo largo del desarrollo de las actividades. También reciben la ubicación de estaciones de medición pluviométricas y pluviográficas, a partir de las cuales realizan los completamientos de las series, y los correspondientes análisis de consistencia y homogeneidad. Con los datos proporcionados proceden a la generación de las curvas IDF haciendo especial énfasis en el modelo DIT (Caamaño Nelli, et al, 2003). En el mismo sector, y con el uso de diversa información (cartas IGN, imágenes de google earth, modelos digitales de elevación, etc) condensadas en herramientas GIS (QGIS y Grass), proceden a la delimitación de la cuenca en el sector de estudio y la determinación sus características geomorfológicas. Con la información hasta aquí obtenida, los alumnos calculan un hidrograma de diseño con la implementación del software HEC-HMS. Con la hidrología del sector, el alumno conjuntamente con los docentes de la cátedra definen una problemática en el sector de estudio, de manera que intervengan obras de regulación o control de inundaciones, conducción a lámina libre y alguna obra de arte (alcantarilla, rápida, sifón invertido, etc). Definida la problemática, se diseña la obra de mitigación, con todos sus componentes hidráulicos. Finalmente y como culminación de los trabajos prácticos, en el punto de cierre de cuenca definido oportunamente, se propone un embalse, donde se define la capacidad del mismo y finalmente se establece el área de inundación con el uso de herramientas GIS.

Por otro lado, se realizan actividades de laboratorio donde se observan diversos fenómenos y el funcionamiento de algunas obras a escala de laboratorio. Los siguientes, son los ensayos que se realizan:

- Aforometría con molinete hidrométrico en el Río Anisacate.
- Determinación de la capacidad de infiltración a través del ensayo del infiltrómetro de doble anillo. Ajuste de la curva de Horton.
- Erosión localida en pilas o estribos de puentes en el canal a fondo móvil del laboratorio de hidráulica de la FRC.
- Disipadores de energía en el canal a fondo fijo del laboratorio de hidráulica de la FRC.

A los efectos de facilitar la comunicación entre los alumnos y la cátedra, así como entre los propios alumnos, se ha dispuesto a través de la plataforma Moodle, un aula virtual, en donde se encuentra disponible la bibliografía recomendada, bibliografía específica y complementaria, las clases teóricas e información de interés. También se han dispuesto dos foros de comunicación, en el primero solo la cátedra puede realizar publicaciones, y en el segundo se propone una comunicación mutua a partir de la cual se tratan temas de interés general. En la misma plataforma, los alumnos reciben la información de los prácticos y realizan las entregas correspondientes.

4. La evaluación como método de aprendizaje

Creemos que evaluar el conocimiento de un alumno mediante la resolución de un ejercicio o una serie de ejercicios en un lapso acotado de tiempo no necesariamente transmite lo que hemos establecido como uno de los objetivos de transferencia, que es el criterio y razonamiento para efectivamente poder realizar un adecuado planteo a una determinada problemática. Partiendo de este criterio, se ha establecido una forma de evaluación a partir de la cual es posible determinar si el alumno posee los conocimientos teóricos necesarios, no a partir del desarrollo de una determinada temática, sino a través de la selección de una respuesta adecuada a una situación planteada (opción múltiple), donde el acierto estará fuertemente ligado a la correcta

aplicación de la teoría combinado con el criterio ingenieril.

Por otro lado evaluar la capacidad de razonar e interpretar una problemática, y seguir adecuadamente la secuencia de diseño, se realiza a través de los trabajos prácticos, donde no solo los alumnos desarrollan una situación real, sino que también existe una fuerte interacción con los docentes de la cátedra.

5. Los tiempos que llegan

La facilidad de acceso a la información y velocidad en las comunicaciones, son dos factores claves para el replanteo de “futuras próximas” modalidades de implementación didáctica. Facilitar los contenidos debe ser hoy, un concepto que los docentes debemos incorporar. Transferir criterios de búsqueda, evaluación de la información e interpretación de la misma, permitirá disponer más tiempo presencial al esclarecimiento de dudas, y resolución de problemas aplicados. Pasar de una problemática aplicada a un modelo conceptual de resolución, no es algo que se encuentre en los libros, y creemos que esa transferencia es, en los tiempos que corren, uno de los principales ejes de enseñanza.

El facilitar el acceso a la información permitirá que los alumnos puedan leer la temática previa a la clase, de forma de que el tiempo presencial sea un disparador de preguntas y búsqueda de soluciones para situaciones problemáticas concretas de ingeniería.

Las actividades experimentales que se desarrollan constituyen un instrumento fundamental e irremplazable en la formación. De esta forma poder visualizar los comportamientos, fenómenos, etc, así como instrumentar, medir, reportar, para finalmente pasar en limpio, analizar, concluir y emitir recomendaciones sobre la base de los resultados constituye un proceso valioso en formación del alumno.

De esta forma, combinando actividades prácticas, contenidos teóricos y conceptuales, sumado a las experiencias en laboratorio y campaña, se procura una formación integral en la disciplina.

6. Conclusiones

Adecuar los paradigmas de enseñanza a las necesidades actuales, lograr que los alumnos incorporen los conceptos básicos teóricos y prácticos sin perder de vista la importancia en la transferencia de experiencias y haciendo el correcto uso de la fluidez en las comunicaciones y la abundancia de información, creemos que es hoy uno de los principales desafíos que debemos afrontar los docentes en los tiempos que corren.

Modificar la utilización del tiempo presencial hacia actividades donde se ponga a prueba la formación específica parcial previa de los estudiantes, y la habilidad de construir nuevos conocimientos a partir de la necesidad concreta, es un punto que no debe perderse de vista.

La evidente expansión demográfica y geográfica de las actuales urbes y las crecientes demandas sociales y productivas, han llevado a la disciplina de los recursos hídricos al foco de las miradas actuales. Formar ingenieros que dispongan de las herramientas necesarias para afrontar las demandas ingenieriles actuales es una labor que nos compete a los actuales docentes.

Agradecimientos

Se agradece al apoyo recibido por la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba (Departamento de Ingeniería Civil).

Referencias

- Aparicio Mijares, F. J. (2004). Fundamentos de hidrología de superficie. Limusa.
- Caamaño Nelli, G., Dasso, C. M., Catalini, C. G., Colladón, L., García, C. M., & Zimmermann, E. D. (2003). Lluvias de diseño: conceptos, técnicas y experiencias (No. 556.18). Universitat
- Chow, V. T. (1964). Handbook of applied hydrology: a compendium of water-resources technology.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). Hidrología aplicada. McGraw-Hill.
- UTN (2004). *Ordenanza 1030*. Adecua el diseño curricular de la carrera de ingeniería civil.