

# boletín ambiental

Octubre de 2009

Instituto de Estudios Ambientales IDEA

80

## La Modelación Física como Herramienta en la Toma de Decisiones



# La Modelación Física como Herramienta en la Toma de Decisiones



■ Modelo Hidráulico del Vertedero de Porce IV. Presa y taludes preconformados. Fuente: UN-Sede Manizales

**JOAN NATHALIE SUÁREZ HINCAPIÉ**  
Ingeniera Civil  
Magister en Medio Ambiente y Desarrollo  
Profesora e Investigadora IDEA  
Universidad Nacional de Colombia  
Sede Manizales

En Colombia, desde la década de los sesenta, se ha generado energía hidroeléctrica por medio de grandes obras; pero no debe olvidarse que antes de estas macroestructuras se utilizaban hidrocentrales a filo de agua, que tenían la función, de igual manera, de proveer la energía necesaria para la realización de las actividades que la requirieran.

La Asociación Colombiana de Generadores de Energía Eléctrica ACOGEN está conformada por 24 empresas de generación de energía eléctrica que, en conjunto, representan el 98% de la capacidad eléctrica instalada en Colombia. Entre las tecnologías que se utilizan para dicha generación está la hidráulica, que en capacidad instalada genera 8.981 MW y tiene la proyección de expansión de 3.729 MW, para un total en el año 2018 de 12.710 MW. A esta tecnología le sigue la generación con gas, carbón, interconexión, combustible líquido y eólica, para un total de 13.560 MW en la actualidad .

Para la generación con tecnología hidráulica se utilizan grandes obras de infraestructura civil, que todos conocemos como centrales hidroeléctricas, constituidas por elementos bien definidos, como el embalse, la presa, las obras de desvío, la captación y el vertedero de excesos, entre otros; claro está que cada una de éstas tiene unos elementos constitutivos que ayudan a cumplir el objetivo de la central de generación, pero es necesario contar con elementos de juicio técnico – científicos que permitan predecir cuál será el comportamiento de estas estructuras en el momento de su funcionamiento...con el agua fluyendo por ellas.

En los últimos años se han construido en Colombia nuevas centrales hidroeléctricas que aprovechan la capacidad hídrica de las corrientes de nuestras regiones, y es este potencial hídrico el que ha llevado a la concepción de nuevos proyectos hidroeléctricos, donde una de las estrategias para su ejecución es la verificación, mediante Modelación Física a escala reducida, del adecuado comportamiento hidráulico del diseño de las partes de estas obras.

Recordemos que un Modelo es una representación aproximada de un fenómeno o proceso, que recurre generalmente a simplificaciones para su dimensionamiento y comprensión; éste permite recrear una variedad de situaciones reales y potenciales a través de la interacción de las variables que intervienen en dicho fenómeno, y es la variación de estas variables la que genera diversos escenarios, de acuerdo con la importancia o peso de éstas en el Modelo. Así, la Modelación se convierte en una herramienta más para el Proyecto.

Muchos de los fenómenos que ocurren en la naturaleza y dentro del campo de la Hidráulica son tan complejos que no es posible tratarlos únicamente con métodos o modelos matemáticos. Por lo anterior, es conveniente recurrir al empleo de técnicas experimentales,

como herramienta en la obtención de soluciones prácticas, aplicadas a problemas de ingeniería y obras hidráulicas en general, y si se tiene en cuenta que la teoría o conocimientos son incompletos, por ser en su mayoría concebidos de una forma muy idealizada dejando de lado variables importantes o introduciendo otras en el momento de hacer simplificaciones, por medio de un modelo se puede pasar de un enfoque bidimensional ofrecido por los modelos matemáticos, a uno tridimensional que permite la observación directa y el entendimiento de los fenómenos estudiados.

En Hidráulica se conoce con el término Modelo al sistema que simula un objeto real denominado prototipo y, como es una representación de éste, se deben cumplir ciertas condiciones matemáticas definidas (el cociente de cualquier característica del prototipo "p" entre la característica correspondiente en el modelo "m" establece la relación de escala).

La metodología de un trabajo experimental permite establecer relaciones empíricas entre variables, o comprobar la veracidad de una hipótesis, ley o modelo, por medio de un experimento controlado. Es decir, controlar las variables que intervienen en el problema en forma

planeada previamente, con la posibilidad de repetir el experimento y, por tanto, reproducir iguales resultados bajo las mismas condiciones.

En la actualidad, se han desarrollado técnicas avanzadas de modelación física de fenómenos hidráulicos que, en conjunto con la instrumentación tanto mecánica como electrónica, permiten la obtención de resultados que llevan a realizar una inversión muy baja si se compara con el costo total de la obra y la seguridad que éste debe tener en el momento de su construcción.

■ Panorámica Zona de Embalse Laboratorio de Hidráulica "Jorge Ramírez Giraldo". Modelo Hidráulico del Vertedero del Quimbo. Fuente: UN-Sede Manizales



La utilización de un modelo hidráulico tiene una justificación técnica basada, entre otras, en la posibilidad de estudiar diferentes condiciones de diseño y operación, de facilitar la generación de alternativas ante el diseño preliminar y de tomar decisiones rápidamente.

Los modelos hidráulicos, dependiendo de su escala, requieren de un espacio físico determinado para su emplazamiento; es bueno aclarar que entre más grande es el espacio, el factor de escala será menor, permitiendo tener mejores

condiciones de similitud, lo cual se logra por medio de las leyes de similitud geométrica, cinemática y dinámica que en esencia son las encargadas de manejar las magnitudes físicas homólogas existentes entre los dos sistemas. Pero no sólo es necesario contar con un espacio suficiente, también se requiere de un sistema hidroneumático que permita reproducir los caudales que transitan por el prototipo y que, en conjunto con las condiciones de operación de la central, entran a definir los objetos del estudio hidráulico.

■ Construcción Central Hidroeléctrica Porce III. Río Porce, Antioquia. Canal de Aproximación y Estructura de Control. Fuente: EPM



Pero, fuera de todas las consideraciones que se deben tener para realizar un trabajo experimental exitoso con la ayuda de la modelación hidráulica, se cuenta también con la posibilidad de colaborar con el desarrollo de una región, de un país, con la aplicación de los conocimientos en áreas como la hidráulica y los métodos experimentales que se transmiten en las aulas de clase de la Universidad y que ayudan a estudiantes y profesionales a ahondar en campos tales como la planeación de obras, el estudio de obras hidráulicas mayores y menores, el manejo e interpretación de resultados con software especializados, la utilización de equipos de última tecnología, entre otros.

De esta manera, la modelación hidráulica se convierte en una herramienta de sumo valor en la toma de decisiones que ayudan a organizar, a planear, la dirección de la obra y con antelación permiten generar mecanismos de control ante eventuales problemas. Pero éstos no sólo sirven para que las grandes empresas tomen decisiones definitivas ante un proyecto que les generará grandes satisfacciones; igualmente, aumentan el interés que pone la academia en este tipo de obras, que por su carácter práctico ayudan a que grandes y chicos puedan entender “a pequeña escala” el porqué y el cómo, tanto de las obras como de los fenómenos que allí se presentan.

Los visitantes permanentes y casuales del Laboratorio de Hidráulica de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales se preguntan con mucha frecuencia qué son esas obras que se construyen, se estudian, se demuelen, se construyen nuevamente, se pintan, una y otra vez, en el área que se conoce como “el embalse” y donde algunos con espíritu curioso, si recorren un poco más allá, encuentran otro sitio a un nivel de emplazamiento más bajo, que es “el cuenco de socavación”. Éstas son algunas de las zonas constitutivas del Laboratorio de Hidráulica de la Sede, donde la modelación física a escala reducida se ha convertido en una actividad de propios y extraños; aquí, los modelos hidráulicos construidos para empresas como: CHEC, EMPRESA DE ACUEDUCTOS DE BOGOTÁ, SEDIC, HIDROESTUDIOS, EPM, INGETEC, EMGESA, entre otros, han permitido explorar nuevas metodologías para la investigación y el desarrollo de estos estudios, que propenden por la aplicación de los conocimientos especializados que llevan a posicionar al Laboratorio de Hidráulica como único en su género en esta región y en el país.

## Referencias Bibliográficas

Echavez, A. G. 1996. Introducción a los modelos hidráulicos de fondo fijo y a la ingeniería experimental Universidad Nacional Autónoma de México UNAM. México.

Holman J.P. 1978. Métodos experimentales en Ingeniería. McGraw Hill. México.

Tamayo y Tamayo, Mario. 2005. El proceso de la investigación Científica. Limusa Noriega, México.  
Vergara, S. M. A. 1993. Técnicas de modelación en hidráulica. Alfaomega. México.