

# **ANEXO I DE LA RESOLUCION**

## **Modelos hidráulicos: Técnicas experimentales y numéricas**

### **Docentes Responsables**

Dr. Román Martino (FCEFYN – UNC)

Dr. Matias Ragessi FCEFYN – UNC)

Dra. Leticia Tarrab (FCEFYN – UNC)

### **Docentes Colaboradores**

Dr. Andrés Rodriguez (FCEFYN – UNC)

Mg. Ing. Leandro Masso (FCEFYN – UNC)

Mg. Ing. Jonathan Muchiut (FCEFYN – UNC)

### **Carga horaria**

64 horas teórico-prácticas

### **Objetivos/Justificación**

- Brindar una formación actualizada y moderna sobre técnicas experimentales y numéricas de modelación en hidráulica.
- Diseñar actividades experimentales a escala de laboratorio, seleccionar los instrumentos y utilizar una configuración óptima para caracterizar la hidrodinámica del flujo a estudiar.
- Introducir en la aplicación de la fluido-dinámica computacional: generación de la malla, selección de esquemas de solución y post-procesamiento de resultados.
- Desarrollar capacidad crítica en el análisis de resultados de mediciones en modelos físicos y resultados de simulaciones numéricas que le permitirá interpretar procesos hidrodinámicos y/o mejorar diseños hidráulicos.

# Contenidos

## **Unidad 1. Conceptos básicos en hidráulica. Tipos de modelos hidráulicos**

Clasificación de flujos en hidráulica. Introducción a los flujos turbulentos. Importancia de los flujos turbulentos en ingeniería. Representación espectral de un flujo. Escalas integrales, producción de energía, disipación y cascada de energía. Tipo de modelos en hidráulica. Principios generales de modelos a escala. Experimentos en laboratorio y campo.

4 horas

## **Unidad 2. Análisis dimensional y similitud**

Análisis dimensional. Número adimensionales. Teorema Pi de Buckingham. Conceptos básicos de semejanza. Leyes de semejanza en hidrodinámica. Similitud dinámica.

4 horas

## **Unidad 3. Modelos Físicos en hidráulica**

Desarrollo de modelos físicos. Tipos de modelos. Condiciones de similitud. Selección de escalas. Efectos de escala. Modelos a fondo fijo. Modelos fluviales a fondo móvil. Modelos distorsionados. Tipo de rugosidades. Construcción de modelos. Instrumentación de modelos y operación de modelos.

4 horas

## **Unidad 4. Técnicas Experimentales en hidráulica**

Instalaciones experimentales. El proceso de medición. Incertidumbre en las mediciones, precisión, exactitud. Selección de instrumentos, definición de frecuencia de muestreo y tiempo de medición. Diseño de un experimento en laboratorio. Experimentos en campo. Mediciones de niveles y profundidades de flujo. Mediciones topográficas y batimétricas en canales y ríos. Medición de pendientes de superficie de agua y de fondo. Medición de presiones estáticas y dinámicas. Medición de velocidades con técnicas convencionales Estructuras para medir caudales. Aforos en ríos y canales naturales y artificiales. Mediciones en laboratorio.

8 horas

## **Unidad 5. Técnicas de Velocimetría por imágenes**

Velocimetría por imágenes digitales: Técnicas disponibles: de PTV a PIV. Ventajas y desventajas. Rango de aplicación. Equipamiento y principio básico de funcionamiento: partículas trazadoras, iluminación y filmación. Procesamiento de filmación: correlación cruzada de pares de imágenes. Estimación de las principales fuentes de incerteza en las mediciones. Mediciones en laboratorio.

8 horas

## **Unidad 6. Técnicas de Velocimetría Doppler**

Velocimetría acústica Doppler: principios de funcionamiento. Instrumentos y técnicas para caracterizar flujos turbulentos en laboratorio. Instrumentos y técnicas para caracterizar flujos en campo. Fuentes de error: ruidos Doppler, *spikes*, *aliasing*, promediado espacial. Mediciones en laboratorio.

8 horas

## **Unidad 7. Introducción a CFD (Dinámica de Fluidos Computacional)**

¿A qué se refiere actualmente CFD? Modelos matemáticos/numéricos en hidráulica. Aplicaciones complementarias. Breve recuento de la historia de CFD. Costos de capital para utilizar CFD y ventajas de su aplicación a problemas de ingeniería. ¿Cómo funcionan los códigos de CFD? Preproceso, *Solver*, Postproceso. Ecuaciones de gobierno (leyes de conservación): conservación de la masa (ecuación de continuidad). Conservación de la cantidad de movimiento. Conservación de la energía.

8 horas

## **Unidad 8. Volúmenes Finitos (Discretización espacial y temporal)**

¿Cómo funciona el MVF? Aplicación a las ecuaciones de Navier-Stokes. ¿Qué son los tratamientos implícitos y explícitos?. Tratamiento particular de los terminos convectivos y difusivos. Problemas de no ortogonalidad. Métodos iterativos para resolver las ecuaciones discretizadas (SIMPLE, PISO, PIMPLE).

4 horas

## **Unidad 9. Armado de un caso de openFoam: Ejemplo de Aplicación en PC**

Solución de la malla de Volúmenes Finitos. *BlockMesh*. *Gmsh*. *SnappyHexMesh* opciones avanzadas en OF. Uso eficiente de *snappyHexMesh*. Incorporar celdas cerca de las paredes (*cell layers*). Control de calidad del mallado. Selección de los esquemas de discretización en función de la calidad de la malla. Puesta a punto de *Solvers* y algoritmos. Establecer condiciones iniciales y de borde.

4 horas

## **Unidad 10. Verificación y validación de modelos numéricos**

Verificación y validación. ¿Por qué hacer validación?. Fundamentos. Fuentes que afectan la precisión del modelo. Análisis de convergencia de malla con el Método de Extrapolación de Richardson. Orden de convergencia. Cuantificación del error. Comparación con datos experimentales.

4 horas

## **Unidad 11. Modelación compuesta**

Uso combinado de modelos físicos y numéricos en hidráulica. Mejorar la eficiencia y eficacia de la modelación. Fortalezas y debilidades de los modelos físicos y numéricos. Oportunidades de uso combinado de modelos físico y numéricos. Estrategia o enfoques de la modelación compuesta. Ejemplos de aplicación.

4 horas

## **Unidad 12. Postprocesamiento de datos**

Conceptos básicos, terminología. Tratamiento estadístico de datos experimentales. Análisis de datos e incertidumbres en mediciones hidráulicas. Acondicionamiento (o validación) de datos: detección de datos atípicos y sustitución de datos. Series temporales, filtrado y análisis espectral. Métodos de identificación de estructuras coherentes instantáneas. Descomposiciones modales y su aplicación (POD, DMD).

4 horas

## **Bibliografía**

Fuentes Aguilar, R. (2002). Modelos hidráulicos: Teoría y diseño. Santiago, Chile: Dolmen Ediciones

García M.H. (1996). Hidrodinámica Ambiental. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe. Argentina.

Greenshields C.J. and Weller H.G. (2022). Notes on Computational Fluid Dynamics: General Principles.

Martins, R., ed. (1989). Recent Advances in Physical Modeling. Kluwer Academic Publishers, Norwell, Massachusetts.

Muste, M., Lyn, D. A., Admiraal, D., Ettema, R., Nikora, V., & García, M. H. (Eds.). (2017). Experimental Hydraulics: Methods, Instrumentation, Data Processing and Management: Volume I: Fundamentals and Methods. CRC Press.

- Muste, M., Lyn, D. A., Admiraal, D., Ettema, R., Nikora, V., & García, M. H. (Eds.). (2017). *Experimental Hydraulics: Methods, Instrumentation, Data Processing and Management: Volume II: Fundamentals and Methods*. CRC Press.
- Novak, P., Guinot, V., Jeffrey, A., & Reeve, D.E. (2010). *Hydraulic Modelling: An Introduction: Principles, Methods and Applications* (1st ed.). CRC Press.
- Raffel, M., Willert, C. E., Scarano, F., Kahler, C. J., Wereley, S. T., & Kompenhans, J. (2018). *Particle image velocimetry: a practical guide*. Springer
- Tavoularis, S. (2005). *Measurement in fluid mechanics*. Cambridge University Press.
- Tropea, C., Yarin, A. L., Foss, J. F. (2007). *Handbook of Experimental Fluid Mechanics*. Springer.
- Vergara S., Miguel A. (1995). *Técnicas de Modelación en Hidráulica*. México D.F., Alfaomega.
- Versteeg, H. K. y Malalasekera, W. (2007). *An Introduction to Computational Fluid Dynamics. The Finite Volume Method*.