

. CURSOS DICTADOS Y BIBLIOGRAFIA COMPLETA  
DE CADA UNO Y DE HIDRAULICA EN GENERAL

Primer Semestre de 1967 ( desde mayo 1o.)  
Segundo Semestre de 1967  
Primer Semestre de 1968  
Segundo Semestre de 1968

Curso: Mecánica de Flúidos I  
Carreras: Ingenierías Civil, Eléctrica y Mecánica  
Grupos: Cuatro; alumnos 150 aprox.

Comentarios:

En razón del número de grupos y alumnos durante este período, fué encargada exclusivamente de la materia anotada, para todas las carreras.

En las tres carreras la enseñanza de la hidráulica básica se hace a través de dos cursos consecutivos, el primero de los cuales igual para todos, proporciona las bases teórico-matemáticas para el tratamiento de los flúidos, mientras que el segundo curso se adentra en las aplicaciones fundamentales y se ha diversificado para cada carrera.

De conformidad con este esquema, a partir de las nociones de estática y dinámica de la materia en estado flúido adquiridas

en los cursos de física general y con la ayuda además de los tratamientos de la mecánica racional y el análisis vectorial, el curso de Mecánica de Flúidos I, busca dotar al alumno de todo el bagaje matemático que le permita el análisis avanzado del movimiento y reposo de los flúidos en general, con una especial insistencia hacia los líquidos y particularmente el agua ya que la termodinámica debe cubrir gran parte de los relativo a los gases y además el ejercicio profesional requiere sobre todo del conocimiento del comportamiento del agua y algunos otros líquidos muy específicos (aceites, alcohol, gasolina, etc.).

Es de anotar que las ecuaciones y planteamientos matemáticos del movimiento de los flúidos están íntimamente vinculados a la elasticidad, mecánica de suelos, reología, etc., conformando todos estos aspectos a parte de la denominada: "Mecánica de los Medios Continuos."

Aunque en general se aprecia una cierta reacción al tratamiento muy matemático de esta primera parte de la Hidráulica, se quiere insistir en la necesidad formativa para el estudiante de adquirir un sólido entendimiento analítico y vectorial del medio flúido como único recurso para que su capacidad no se vea reducida a la aplicación indiscriminada de frías fórmulas, casi

siempre del tipo puramente empírico.

Como por otra parte, los pre-requisitos de análisis matemático, análisis vectorial, física básica, presuponen adquiridos los fundamentos para este acercamiento matemático, es deseable la plena utilización de conocimientos en busca de una mayor y más profunda comprensión de la Mecánica de los Flúidos.

Como es difícil encontrar en la literatura científica y en los textos usuales en universidades extranjeras, alguno que se acomode exactamente a la formación básica y metodología de los alumnos de la U.N., se adoptó el sistema de reproducir en coprador de alcohol las sucesivas conferencias del curso para ser entregadas a los estudiantes oportunamente, lo cual les permite simplificar las notas de clase y mantener a la vista la totalidad del curso; las dudas que se presenten y las ampliaciones que desee el estudiante, se podrán absolver mediante la bibliografía y las consultas directas al profesor o profesores de la materia, tanto en clase como en la oficina de cada uno y en el Laboratorio de Hidráulica, donde normalmente todo el grupo de profesores debe estar permanentemente disponible y accesible.

La experiencia adquirida en los cursos sucesivos y los per-

feccionamientos aportados a las copias para entrega a los alumnos permitieron que actualmente disponga de esas conferencias, las cuales podrían ser adicionadas en ciertos aspectos teóricos, en un conjunto de problemas resueltos y propuestos y en esas condiciones podrían imprimirse para servir de guía al importante curso que es la Mecánica de Fluidos, si la Facultad llegare a estar interesada.

En razón de la creciente importancia de la Hidráulica para el país, y del enorme auge de ésta disciplina en el mundo, quiero insistir en la importancia de la Mecánica de Fluidos para la orientación cada vez más especializada que requieren y requerirán los ingenieros en estos aspectos y que terminarán a muy corto plazo en la necesidad de formar Ingenieros Hidráulicos; en efecto, sólo sobre una mecánica de fluidos de amplia comprensión y sólida base matemática, se puede estructurar un buen Ingeniero Hidráulico que realmente tenga "Ingenio" como el título lo indica.

En este sentido, debo decir que el haber tenido la oportunidad de dictar estos cursos, fue para mí altamente formativo y útil.

A continuación el programa seguido en los cursos de Mecánica de Flúidos.

Capítulo I:

A. Propiedades Físicas de los Flúidos:

- 1A-1 Estado de la materia. Definición de flúido.
- 1A-2 Peso específico. Masa específica.
- 1A-3 Módulo de elasticidad volumétrico; ecuación de estado.
- 1A-4 Viscosidad; flúido perfecto, flúido real.
- 1A-5 Medida de viscosidad, unidades; grado Engler, grado Saybolt.
- 1A-6 Tensión superficial, capilaridad.

B. Definiciones Generales:

- 1B-1 Hipótesis de continuidad de la materia. Noción de Mecánica de los medios continuos.
- 1B-2 Partícula flúida.
- 1B-3 Sistemas de referencia; variables de Euler y de Lagrange.
- 1B-4 Definiciones de caudal, velocidad puntual, velocidad media.
- 1B-5 Tipos de fuerzas: interiores y exteriores; de superficie y de volumen, campos de fuerzas. Recapitulación de funciones de punto y análisis vectorial.

## Capítulo II:

### Hidrostática

- 2-1 Referencias de presión: absoluta y relativa.
- 2-2 Presión en un punto.
- 2-3 Ley general de la Estática de los flúidos; variaciones de la presión en el interior de una masa flúida.
- 2-4 Integral de la ecuación general de la Estática de los flúidos para un flúido incompresible, en el campo gravitatorio; en un campo de fuerzas cualesquiera.
- 2-5 Medición de la presión: manómetros
- 2-6 Transmisión de presiones en un flúido. Principio de Pascal. Prensa Hidráulica.
- 2-7 Empuje sobre superficies: superficies planas, curvas, alabeadas.
- 2-8 Principio de Arquímedes: empuje hidrostático.
- 2-9 Flotación y estabilidad de flotación.

## Capítulo III

### Análisis Dimensional:

- 3-1 Sistemas de Unidades
- 3-2 Transformación de unidades.
- 3-3 Noción de dimensión.
- 3-4 Funciones dimensionalmente homogéneas.
- 3-5 Productos dimensionales y adimensionales.

- 3-6 Conjunto completo de productos adimensionales.
- 3-7 Teorema  $\pi$  (de Vaschy - Buckingham).
- 3-8 Cálculo sistemático de productos adimensionales.
- 3-9 Productos adimensionales en Mecánica de Flúidos (Números de Euler, Reynolds, Froude, Mach, Weber).
- 3-10 Similitud: Geométrica, Cinemática, Dinámica. Modelos hidráulicos a escala reducida.

#### Capítulo IV

##### Cinemática de los Flúidos:

- 4-1 Velocidad y aceleración en variables de Lagrange: trayectorias.
- 4-2 Velocidad y aceleración en variables de Euler: líneas de corriente.
- 4-3 Líneas de emisión. Tubos de corriente.
- 4-4 Deformación de la partícula flúida. Descomposición de Helmholtz.
- 4-5 Vector torbellino. Flujo turbillonario.
- 4-6 Flujo irrotacional. Circulación del Vector velocidad.
- 4-7 Flujo a potencial de velocidades. Superficies equipotenciales.
- 4-8 Flujo plano. Líneas y funciones equipotenciales y de corriente.
- 4-9 Construcción gráfica (de Prasil) de redes de equipotenciales y líneas de corriente. Estudio de algunos flujos particulares.

## Capítulo V

### Ecuación de Continuidad:

- 5-1 Leyes de conservación de la masa y el volumen. Definición de fuentes y sumideros.
- 5-2 Caudal y ecuación de continuidad en flujo unidimensional y bidimensional (flujo plano).
- 5-3 Continuidad en flujo permanente.
- 5-4 Ecuación General de continuidad (flujo conservativo). Divergencia del vector velocidad. Fuentes y sumideros.

## Capítulo VI

### Dinámica de los Flúidos:

- A. Teorema de Bernoulli - Conservación de la Energía.
  - B. Teorema de Euler - Variación de la cantidad de movimiento.
- 
- 6A-1 Ecuaciones de Euler para flúido perfecto.
  - 6A-2 Integración de las ecuaciones de Euler.
    - a. Integral de Lagrange para una masa flúida en movimiento permanente.
    - b. Integral de Bernoulli a lo largo de una línea de corriente en un movimiento permanente.
  - 6A-3 Deducción de la ecuación de Bernoulli por el principio de la conservación de la energía.
  - 6A-4 Extensión de la ecuación de Bernoulli a una sección finita: Coeficiente de Coriolis.

Cálculo de conductos. Problemas.

- 4 Sistemas de conductos: en serie, en paralelo, sistemas complejos de redes, cálculo de sistemas por Hardy Cross. Esfuerzo en conductos, cálculo de resistencia de tuberías.

Capítulo III - Golpe de Ariete. Influencia en el cálculo de conductos cerrados bajo presión.

Capítulo IV - Dinámica del fluido compresible (Aerodinámica).

Capítulo V - Turbinas hidráulicas.

Capítulo VI - Bombas Hidráulicas - Ariete.

Queda claro que los anteriores programas tratan de llevar:

a los Ings. Electricistas: a la cabal comprensión de todos los elementos constitutivos de los diferentes tipos de aprovechamientos hidroeléctricos y sus respectivos métodos de cálculo y análisis, formas constructivas típicas, etc.

a los Ings. Mecánicos: a la comprensión lo más amplia posible de todos los aspectos de la Hidráulica Aplicada que requerirán conocimientos del comportamiento de partes metálicas y trabajo mecánico.

Lo anterior, ya a nivel de curso y una vez aceptados los

programas por los respectivos Directores, fué complementando con visitas e inspecciones detalladas de aprovechamientos reales, así:

Centrales Hidroeléctricas de "La Ventana", "Mírolindo", "Río Recio" y "Río Prado" (en construcción), en el Departamento del Tolima. Se cubre así toda una gama de aprovechamientos típicos en los que además se encontró que algunas turbinas estaban en reparación y fue posible examinar en todo detalle las formas y elementos de las instalaciones. En cuanto a Río Prado, fue visitado en varias oportunidades con diferente estado del avance de la construcción del aprovechamiento, con la consiguiente ventaja didáctica.

Centrales Hidroeléctricas de Nare, Guadalupe y Río Grande en el Departamento de Antioquia, en donde en especial Río Grande es de mucho interés didáctico por la evidencia de las estructuras típicas de un aprovechamiento por derivación. En cuanto a Nare, fue también visitado en diferentes etapas de su montaje y construcción.

El curso de Máquinas Hidráulicas encontró una gran dificultad en la falta de textos y bibliografía de consulta de varios tópicos importantes.

Para ambos cursos fueron elaboradas copias de las conferencias para entregas sucesivas a los alumnos.

Las conclusiones de esta primera experiencia en estos cursos fue de que los alumnos se encontraron más adaptados a los nuevos programas, gracias a la orientación más específica y por consiguiente, se observó un mayor interés y vivencia en los cursos y excursiones de aplicación.

Queda sin embargo, gran labor por realizar en estos programas, en el sentido de continuar la adaptación a los requerimientos de cada carrera que por otra parte están permanentemente ampliándose y desarrollándose en las modernas aplicaciones.

Estos aspectos y comentarios cobran para la Facultad un especial interés en razón de la proximidad de ambos cursos para esas carreras aquí. Considero que tanto los programas como la experiencia adquirida y las conclusiones a nivel docente, serán de utilidad para la Facultad.

Segundo Semestre 1969

Cursos: Máquinas Hidráulicas  
Mecánica de Flúidos II  
Mecánica de Flúidos I

Carreras: Ingenierías: Mecánica, Eléctrica, Civil

Grupos: Tres; alumnos 120 aprox.

Cargo Administrativo: Jefe de la Oficina de Publicaciones

Semestre demasiado recargado: tres materias distintas más un cargo administrativo; sólo fue posible adelantar, gracias a la experiencia anterior y a las conferencias ya publicadas en copias alcohol.

Primer semestre 1970

Cursos: Hidráulica Aplicada  
Mecánica de Flúidos II

Carreras: Ingenierías Civil y Eléctrica

Grupos: Dos, alumnos 80

Cargo Administrativo: Jefe de la Oficina de Publicaciones

Por encargo especial de la Sección de Hidráulica, procedí a una revisión general y reestructuración de los programas existentes en la Facultad, para el curso de Hidráulica Aplicada, y teniendo en cuenta las sucesivas dificultades que habían venido presentándose en la materia para diferentes profesores que la dictaron.

El programa configurado, discutido y aceptado fue el siguiente:

6A-5 Correcciones a la ecuación de Bernoulli: pérdidas de carga. Línea de energía total, línea piezométrica.

6A-6 Aplicaciones inmediatas de la ecuación de Bernoulli

- Bombas y turbinas, potencia hidráulica.
- Orificios y vertederos, teorema de Torricelli.
- Venturis.
- Tubos de Pitot- Prandtl.

B. Teorema de Euler - Cantidad de movimiento.

6B-1 Ecuación general de la dinámica - Cantidad de movimiento.

6B-2 Aplicación a una masa fluida: Teorema de Euler.

6B-3 Aplicación del Teorema de Euler a una sección finita; coeficiente de Boussinesq.

6B-4 Aplicaciones prácticas:

- Acción de chorros sobre placas planas y curvas.
- Acción en codos.
- Resalto hidráulico.
- Pérdidas singulares: fórmula de Borda.
- Turbinas y hélices.

## Capítulo VII

### Dinámica del Fluido Real:

7-1 Leyes de la Viscosidad. Fluidos reales Newtonianos.

y no Newtonianos..

- 7-2 Esfuerzos y deformaciones para fluido Newtoniano.
- 7-3 Dinámica del movimiento del fluido real: ecuaciones de Navier-Stokes.
- 7-4 Movimientos particulares de fluidos viscosos. Flujos de Hele-Shaw.

### Capítulo VIII

Desarrollos Especiales de la Mecánica de Fluidos:

- 8-1 Teoría General de la Capa Límite. Aplicaciones.
- 8-2 Análisis General de la Turbulencia.

### Primer Semestre de 1969

Cursos: Mecánica de Fluidos II  
Máquinas Hidráulicas

Carreras: Ingeniería Eléctrica y Mecánica respectivamente.

Grupos: Dos; alumnos 70 aprox.

Las carreras de Ingeniería Mecánica y Eléctrica habían venido recibiendo conjuntamente un segundo curso de Hidráulica denominado "Mecánica de Fluidos II" y que trataba de encontrar para estas carreras las metas de conocimientos prácticos y directamente aplicables que para Ingeniería Civil suministra el cur-

so denominado Hidráulica Aplicada, curso que a la vez merece ser discutido y revisado.

En este semestre, los Directores de ambas carreras, conceptuaron que esta orientación no se estaba cumpliendo y se me encargó de elaborar los programas que deberían llenarse en ambos cursos, dictados por separado para cada carrera.

Para tal fin, me apoyé en el siguiente esquema básico:

Ingeniería Eléctrica:

Normalmente la Hidráulica Aplicada que un Ingeniero Electricista requerirá en su aplicación profesional, vendrá íntimamente vinculada a los aprovechamientos hidroeléctricos. En consecuencia el curso debería orientarse hacia "la Hidráulica Aplicada requerida para los aprovechamientos hidroeléctricos típicos".

Ingeniería Mecánica:

En idéntica forma, el Ingeniero Mecánico requerirá en especial todo lo concerniente a la lubricación y contacto de elementos metálicos de un lado, y por el otro, a la comprensión y elementos de diseño de sistemas hidráulicos en carga que requerirán par-

tes metálicas de gran interés técnico (conducciones forzadas, turbo-máquinas, sistemas de conductos y depósitos bajo presión, etc.).

Con esta orientación específica, fueron elaborados los programas que se transcriben:

### MECANICA DE FLUIDOS II (Ingos. Electricistas)

#### Introducción:

- a) Tipos de aprovechamientos y clasificación
  - a.1 Clasificación por alturas netas de caídas.
  - a.2 Clasificación por tipos de alimentación: por derivación de las aguas, por retención de aguas.
  - a.3 Clasificación por grado de regulación: al filo del agua, de pico, de embalse o de lago.
  - a.4 Esquemas típicos de aprovechamientos hidroeléctricos, alturas características, producción y productividad, rendimientos.
- b) Elementos constitutivos de un aprovechamiento hidroeléctrico.

#### Capítulo I - Flujo en conductos en carga:

- 1-1 Definiciones: perímetro mojado, área mojada, radio hidráulico, presión estrellada. Pérdidas de carga lineales, singularidades.

- 1-2 Fórmulas empíricas para pérdidas lineales (cuadráticas): Darcy, Flamant. Manning. M. Levy, Mognié, Strickler.
- 1-3 Pérdidas de carga en las teorías modernas.
- Ley de Poiseuille
  - Ley de Reynolds (Análisis Dimensional)
  - Estudio de las experiencias de Nikuradse
  - Diagrama de Moody.
- 1-4 Estudio de las características del flujo en conductos. Flujo laminar y turbulento. Espesor de la película laminar. Esfuerzos cortantes sobre la conducción (Análisis Dimensional). Repartición de velocidades en una sección recta. Conductos hidráulicamente lisos. Conductos hidráulicamente rugosos.
- 1-5 Pérdidas de carga por singularidades.
- Fórmula general  $H = k v^2 / 2g$
  - Pérdidas en tuberías convergentes y divergentes en ensanchamientos bruscos, en contracciones bruscas de sección, en diafragmas de pared delgada, en cambios de dirección (codos y curvas), en bifurcaciones.
  - Sistemas de tuberías: en serie y en paralelo.
  - Estudio de pérdidas por el método de la longitud equivalente.
  - Envejecimiento de tuberías.

## Capítulo II - Flujo a superficie libre:

- 2-1 Introducción y generalidades - Definiciones.

2-2 Flujo permanente y permanente en promedio.

a. Flujos uniformes

b. Flujos variados

1- Gradualmente variados

- a) Carga específica
- b) Profundidad crítica
- c) Flujo sobre un umbral
- d) Formas de la superficie libre
- e) Ilustraciones experimentales

2- Rápidamente variados

- a) Resalto hidráulico
- b) Vertedero

2-3 Diseño de Canales en flujo uniforme.

a. Fórmulas y criterios de diseño.

b. Especificaciones y formas constructivas.

c. Similitud a superficie libre.

Capítulo III - Estructuras Básicas:

3-1 Bocatomas y presas derivadoras - Compuertas, desarenadores.

3-2 Esquemas de presas de embalse y estructuras correspondientes.

3-3 Estructuras en canales: transiciones, estructuras de paso, estructuras de protección.

## Capítulo IV - Tópicos Especiales:

### 4-1 Golpe de Ariete

- a. Introducción
- b. Ecuaciones del fenómeno
- c. Solución de Jouguet
- d. Ecuaciones de Allievi
- e. Interpretación de las ecuaciones de Allievi - carácter ondulatorio del golpe de ariete
- f. Velocidad de propagación de las ondas
- g. Descripción y estudio de un cierre total e instantáneo.

### 4-2 Chimeneas de equilibrio.

- Introducción y objetivos
- Aplicación del teorema de Euler de las cantidades de movimiento.
- Caso de un cierre total e instantáneo.
  - a. Sin pérdidas de carga
  - b. Con pérdidas de carga

## Capítulo V - Nociones de Hidrología:

### 5-1 Introducción: Generalidades y definiciones.

### 5-2 Ciclo hidrológico. Orden de magnitud e importancia relativa de sus diferentes fases.

### 5-3 Régimen hidrológico de los cursos de agua.

### 5-4 Medidas y cálculos hidrométricos.

- Niveles y alturas de agua. Limnómetros y limnigrafos. Curvas de calibración.

- Características de la sección de un cauce a superficie libre. Rugosidad. Régimen uniforme. Pendiente hidráulica. Campo de velocidades: velocidad en una vertical, en toda la sección, puntual. Isótacas.
- Medición de caudales. Métodos y sistemas de aforos de corrientes.
  - a. Fórmulas empíricas (pendiente hidráulica)
  - b. Flotadores.
  - c. Inspección del campo de velocidades. Vadeo y suspensión.
  - d. Métodos químicos (dilución).
  - e. Estructuras hidráulicas.
  - f. Otros.
- Aparatos y metodología de los aforos. Estaciones y procedimientos.

## Capítulo VI - Teoría de las Turbo-máquinas:

### 1 Generalidades.

- a. Clasificación
- b. Disposición general y diagrama de velocidades
- c. Teoría de Euler sobre las turbomáquinas
- d. Alturas, pérdidas, rendimientos
- e. Similitud de turbo-máquinas

### 2 Turbinas.

- a. Generalidades
- b. Turbinas de Acción
- c. Turbinas de reacción

- 3 Bombas
  - a. Generalidades y tipos de bombas
  - b. Bombas centrífugas
  - c. Bombas axiales.

## MAQUINARIA HIDRAULICA (Ingos. Mecánicos)

### Capítulo I - Régimenes Hidrodinámicos y Lubricación:

- 1 Ley de Reynolds. Flujos laminares y turbulentos.
- 2 Flujos laminares: Ley de Hagen - Poiseuille capa límite laminar, tensión tangencial, establecimiento del régimen laminar.
- 3 Flujos turbulentos: estructura de la turbulencia, capa límite turbulenta y película laminar; régimen turbulento dinamicamente establecido.
- 4 Cuerpos sumergidos, fuerzas de arrastre, separación y estela de remolinos. Perfiles aerodinámicos (Joukowski etc.).
- 5 Flujos viscosos sobre placas.
- 6 Teoría de la lubricación: cuña de aceite, cojinetes, chumaceras y soportes.

### Capítulo II - Flujos en Conductos Cerrados:

- 1 Pérdidas de carga en conductos: fórmulas empíricas. Experiencias de Nikuradse.
- 2 Flujo turbulento. Ley logarítmica de velocidades; conductos lisos y rugosos, pérdidas de carga regulares en conductos; diagrama de Moody.
- 3 Singularidades en conductos: cambios bruscos de sección, convergentes, divergentes, codos, etc.

## HIDRAULICA APLICADA

### Capítulo I - Similitud y Modelos Reducidos:

- 1-1 Introducción.
- 1-2 Similitud y Ensayos en Modelos Reducidos.
- 1-3 Diferentes clases de similitud.
- 1-4 Generalización de la noción de similitud.
- 1-5 La similitud en Mecánica de Flúidos.
- 1-6 Condiciones de similitud para los flujos en carga y a superficie libre.
- 1-7 Notas generales sobre Análisis Dimensional.
- 1-8 Problemas.

### Capítulo II - Conductos en Carga:

#### A. Pérdidas de Carga Lineales:

- 2A-1 Generalidades. Características de los conductos. Conductos bajo presión. Tipos de flujo permanente: Laminar y Turbulento. Ley de Reynolds. Ley de Hagen - Poiseuille.
- 2A-2 Coeficiente de pérdidas de carga lineales: coeficiente de frotamiento local y medio. Relación entre el coeficiente de frotamiento local y el coeficiente de pérdida de carga. Fórmula de Chezy Darcy - Weisbach.
- 2A-3 Otras fórmulas empíricas usuales:
  - Fórmula de Darcy.

- Fórmula de Maurice Levy.
- Fórmula de Manning - Strickler.

2A-4 Experiencias recientes y metodología de cálculo. Experiencias de Nikuradse. Conductos Industriales - Fórmula de Colebrook. Diagrama de Moody. Cálculo, diseño y aplicaciones.

B. Pérdidas de Carga Singulares:

- 2B-1 Expresión general de las pérdidas.
- 2B-2 Cambios bruscos de sección, convergentes y divergentes. Codos y curvas - Bifurcaciones.
- 2B-3 Longitud equivalente.
- 2B-4 Maneras de reducir las pérdidas de carga.

C. Redes y Sistemas de Conductos en Carga:

- 2C-1 Tuberías en serie, en paralelo.
- 2C-2 Redes - Método de Cross.
- 2C-3 Aplicaciones.

Capítulo III - Movimiento a Superficie Libre

- 3-1 Generalidades y clasificación - Correlación con conductos en carga.
- 3-2 Flujo permanente.
  - a. Flujo uniforme.

- b. Flujo gradualmente variado: formas de la superficie libre, pendientes del fondo.
- c. Carga específica.
- d. Flujo a caudal ( $Q$ ) constante con ( $Y$ ) variable.
- e. Flujo a carga específica ( $H_g$ ) constante y ( $Q$ ) variable.
- f. Flujo rápidamente variado: Resalto, vertederos.

### 3-3 Cauces Abiertos

- 3-3-1 Cauces naturales y artificiales.
- 3-3-2 Características hidráulicas de la Sección.
- 3-3-3 Distribución de velocidades.
- 3-3-4 Teorema de Bernoulli aplicado a cauces abiertos en flujo permanente.
- 3-3-5 Consecuencia de la ecuación de Bernoulli (energía específica).
- 3-3-6 Consideraciones sobre el coeficiente de Coriolis ( $\alpha$ )
- 3-3-7 Diseño práctico de canales - Fórmulas empíricas anteriores.
- 3-3-8 Estructuras hidráulicas a superficie libre.

## Capítulo IV - Orificios y Compuertas:

- 4-1 Definición.
- 4-2 Tipos de orificios: De fondo, laterales o de pared, orificios ahogados y semi-ahogados.
- 4-3 Fórmulas aplicables y diseño de los distintos tipos de orificios.

- 4-4 Usos y aplicaciones numéricas.
- 4-5 Tipos de compuertas: Planas: verticales y oblicuas. Deslizantes o con rodamientos. Sector y segmento, cilíndricos, etc.
- 4-6 Compuertas y válvulas de alta presión.
- 4-7 Fórmulas aplicables a diseño de los distintos tipos de compuertas.
- 4-8 Usos y aplicaciones numéricas.

#### Capítulo V - Vertederos:

- 5-1 Definición.
- 5-2 Tipos de vertederos:
  - a. Según el perfil; pared delgada - pared gruesa.
  - b. Según la forma de la sección: Rectangulares, circulares, triangulares, parabólicas, proporcionales, etc.
  - c. Según la disposición horizontal: normales, oblicuos, curvos, quebrados, laterales, etc.
  - d. Según la forma de la lámina y disposición de ésta aguas abajo:
    - Lámina libre
    - Lámina deprimida
    - Lámina ahogada (sumergida)
    - Lámina adherente.
- 5-3 Fórmulas aplicables y diseño de vertederos.
- 5-4 Usos y aplicaciones numéricas.

La experiencia del curso, conjuntamente con las anteriores de otros profesores, permiten ahora establecer ciertos pun-

tos de gran importancia para el futuro de esta cátedra:

- 1) Existe a nivel del estudiante una notoria confusión entre "Hidráulica Aplicada" y "Aprovechamientos Hidráulicos", en el sentido de que se piensa que este curso capacita totalmente para idear y diseñar sistemas complejos de hidráulica, lo cual no es en verdad la finalidad del curso que sólo constituye realmente una continuación de la Mecánica de Flúidos I, hacia temas más concretos y de aplicación más inmediata, pero no estructurados dentro de un sistema específico. Así, el diseño de conductos en carga, de canales, de compuertas, vertederos y orificios, etc. son tratados como temas aislados e independientes sin tener en cuenta las formas específicas de aplicación real dentro de un aprovechamiento.
  
- 2) El gran desarrollo moderno de la Hidráulica y afines de la Mecánica de Flúidos y la envergadura y complejidad de los aprovechamientos hidráulicos tanto en el aspecto fluvial como agrícola, marítimo, de máquinas y mecanismos, medios porosos, mecánica experimental de flúidos, aerodinámica, etc. etc., hacen ilusorio el pretender la capacitación del futuro ingeniero civil en tan vastos aspectos de la técnica con solo dos semestres de ense-

ianza básica. Parece indispensable establecer un curso adicional orientado hacia el análisis y exposición ordenada de los aprovechamientos típicos, dejando los dos primeros cursos para Mecánica de Flúidos Teórica, comunmente llamada Hidrodinámica y Mecánica de Flúidos Experimental, que complementada con los trabajos de laboratorio, capacita al estudiante para la comprensión de los elementos de que se compone todo sistema de aprovechamiento. Naturalmente, sin el auxilio de un buen laboratorio, será siempre poco menos que imposible el adecuado conocimiento de la Hidráulica con fines prácticos.

En el caso concreto, del curso dictado se complementó la exposición con visitas detalladas a los Distritos de Riego de los Ríos Coello y Saldaña en el Tolima para inspección de las obras de captación (Bocatomas), compuertas y otras estructuras de paso y caída, canales, etc., analizando en cada caso las condiciones de funcionamiento y los problemas especiales como arrastres sólidos, deterioro de obras, operación normal de los sistemas y otros varios temas de interés en relación con la materia.

Segundo Semestre 1970

Curso: Mecánica de Flúidos II

Carrera: Ingeniería Eléctrica

Grupos: Uno, alumnos 55

Cargo Administrativo: Jefe de la Oficina de Publicaciones.

Hasta este momento, la oficina de Publicaciones había venido cumpliendo su misión a un cierto ritmo. La adquisición de nuevos equipos (nuevo multilith, perforadora electrónica de stencils, máquina de escribir I.B.M. ejecutiva, instrumentos de dibujo, etc.) y la contratación de personal adicional (Secretaría, auxiliares de oficina y docencia, dibujante, etc.), así como el creciente interés y la demanda cada vez mayor de conferencias y textos guía para los distintos cursos, dieron por resultado un considerable aumento en el ritmo de trabajo y en el volumen del material editado.

Adicionalmente, la organización administrativa de la oficina misma, del taller y del almacén, el diseño de los controles de inventarios y ventas, así como de las solicitudes de edición, hizo que el trabajo se incrementara.

Entre otros muchos fueron editados o re-editados, los siguientes textos:

"Teoría de la Probabilidad" por Iván Obregón.

"Conferencias de Concreto" - 2 tomos por E. Kerpel.

"Fundaciones"

"Flujo en Medios Porosos", por Thampu Mylvaganam.

"Contaminación del Aire", por Jorge R. Bernal.

"Estructuras Hidráulicas" (presas de tierra y enrocado),  
por Nicola G. Subev.

"Riegos", por Nicola G. Subev.

"Diseño Geométrico de Vías", por Pedro Chocontá R.

"Elementos de Dibujo Mecánica y Diseño", por José Luis Abia.

Una buena parte de estos libros fue enviada para uso en la biblioteca de la Facultad de Minas.

Además de las labores descritas, la oficina de Publicaciones continuó en forma normal con su función rutinaria de edición de capítulos y aportes de temas específicos para ser entregados a los estudiantes en forma inmediata, así como trabajos del tipo administrativo, comunicados, hojas volantes, etc. etc.

Primer Semestre 1971

Cursos: Hidráulica Aplicada

Carrera: Ingeniería Civil y Agrícola

Grupos: Dos; alumnos 50

A la iniciación de este semestre se efectuó mi traslado de la Seccional de Bogotá a la Seccional de Medellín; hacia el mes de agosto

fui designada Jefe de la Sección de Hidráulica en la Facultad de Minas.

Aunque numerosas interrupciones en los cursos han impedido la terminación del programa, se ha podido ya constatar que aquí, como en la Seccional de Bogotá, el programa clásico de Hidráulica Aplicada presenta serias dificultades de aceptación por el estudiante y de adaptación a las necesidades básicas mínimas del Ingeniero Civil en razón del equívoco con lo que debería constituir un curso especial de Aprovechamientos Hidráulicos, como ya lo he expresado antes.

Como complemento muy importante del curso, de acuerdo con la moderna orientación de la Hidráulica, y con fines además a la justificación para la promoción a Profesora Asociada, durante este semestre recopilé y organicé el texto de las conferencias sobre "Similitud y Ensayos en Modelos Reducidos", trabajo que complementado con las "Anotaciones y Comentarios sobre la Organización Docente de la Hidráulica" presento a consideración del CITEC y de la Jefatura de la Carrera de Ingeniería Civil.

BIBLIOGRAFIA

- Bakhmeteff, B.A. Hydraulics of open channels. New York, McGraw-Hill, 1932. 329p.
- Becerril, Enrique. Hidromecánica. Madrid, Dossat, 1960. 667p.
- Bellometti, Ugo. Condotte forzate: idroelettriche metalliche, in calcestruzzo armato e precompresso. Milano, Ulrico Hoepli, 1955. 346p.
- Brun, E. et Martinot Lagarde. Mécanique des fluides. Paris, Dunod, 1959. 2v.
- Comolet, R. Introduction a l'analyse dimensionnelle et aux problèmes de similitud en mécanique des fluides. Paris, Masson, 1968. 116p.
- , Mécanique expérimentale des fluides. Paris, Masson, 196- 3v.
- Creager, William P. and Jael D. Justin. Hydroelectric handbook. 2 ed. New York, John Wiley, 1950. 1.151p.
- Chow, Ven Te. Open channel hydraulics. New York, McGraw-Hill, 1959. 680p.
- Darder Pericás, B. y J. Darder Seguí. Investigación de aguas subterráneas. 2 ed. Barcelona, Salvat, 1960. 511p.
- Davis, Calvin Victor. Handbook of applied hydraulics. 2 ed. New York, McGraw-Hill, 1952. 1.272p.
- Domínguez, Francisco Javier. Hidráulica. Santiago de Chile, Universitaria, 1959.
- Elevatovski, E.A. Hydraulic energy dissipators. New York, McGraw-Hill, 1959. 210p.
- Escande, L. Compléments d'hydraulique. Toulouse, Edouard Privat, 1947. 220p.

- . Hydraulique générale. Toulouse, Edouard Privat, 1947-50. 3v.
- Eydoux, D. Hidráulica general y aplicada. Barcelona, Salvat, 1925. 525p.
- Ferrero, José H. Manual de hidráulica. Madrid, Alhambra, 1967. 210p.
- Forchheimer, Philipp. Hidráulica. México, Editora Nacional, 1956. 174p.
- . Tratado de hidráulica. Barcelona, Labor, 1935. 628p.
- Francis, J.R.D. Problemas de hidráulica y mecánica de fluidos para estudiantes de ingeniería. Bilbao, Urmo, 1968. 189p.
- Gaden, André. Chambres d'équilibre. Paris, Dunod, 1956. 158p.
- Ginocchio, R. Aménagements hydroélectriques. Paris, Eyrolles, 1959. 480p.
- Gómez Navarro, J.L. Saltos de agua y presas de embalse. 3 ed. Madrid, Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1958. 2v.
- Hansen, A.G. Fluid mechanics. New York, Wiley, 1967. 531p.
- Hirschmann, Julio. Bombas. Santiago de Chile, Universitaria, 1958. 179p.
- Jaeger, C. Hydraulique technique. Paris, Dunod, 1954. 510p.
- King, H.W. Manual de hidráulica. México, Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana, 1965. 507p.
- Langhaar, H.L. Analyse dimensionnelle et theorie des maquettes. Paris, Dunod, 1956. 230p.
- Lencastre, A. Manuel d'hydraulique générale. Paris, Eyrolles, 1961. 411p.

- Levi, Enzo. Mecánica de los fluidos; introducción teórica a la hidráulica moderna. México, Universidad Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, 1965. 366p.
- Mainardis, M. Centrali elettriche. Milano, Ulrico Hoepli, 1957. 799p.
- Nekrasov, B. Hidráulica. Moscú, Mir, 1968. 432p.
- Oniga, Théodore. Calcul des tuyaux. 2 ed. Paris, Matémine, 1949. 145p.
- Pankhurst, P.C. and D.W. Holder. Wind-tunnel technique, London, Isaac Pitman, 1952. 702p.
- Pérez de García, José J. Hidráulica agrícola. Madrid, Dossat, 1952. 246p.
- Prandtl, L. Guide a travers la mécanique des fluides. Paris, Dunod, 1952. 448p.
- Poirre, M. et Ch. Ollier. Assainissement agricole. Paris, Eyrolles, 1962. 439p.
- , Irrigation. 2 ed. Paris, Eyrolles, 1962. 405p.
- Quantz, L. Motores hidráulicos. 4 ed. Barcelona, Gustavo Gili, 1953. 231p.
- Renaud, H. Le béliet hydraulique. Paris, Dunod, 1950. 84p.
- Reyes Aguirre, Miguel. Curso de máquinas hidráulicas. U.N.A.M., Facultad de Ingeniería, 1964. 231p.
- Ribaux, André. Régulateurs de vitesse. Geneve, La Moraine, 1947. 109p.
- Rouse, Hunter. Engineering hydraulics. New York, Wiley, 1950. 1.039p.
- , Fluid mechanics for hydraulic engineers. 2 ed. New York, Dover, 1961. 422p.
- Sánchez, Julián. Turbomáquinas; bombas y turbinas, ventiladores, y compresores. Madrid, 1962. 374p.

- Schoder, Ernest and Francis M. Dawson. Hydraulics. 2 ed. New York, McGraw-Hill, 1934. 429p.
- Schnoklitsch, A. Arquitectura hidráulica. 2 ed. Barcelona, Gustavo Gili, 1961. 2v.
- Sédille, M. Précis de mécanique des fluides a l'usage des ingénieurs. Paris, Dunod, 1953. 136p.
- Silver, R. Cours de mécanique des fluides. Grenoble, École des Ingénieurs Hydrauliciens, 1948. 2v.
- . Étude et tracé des écoulements permanents en canaux et rivières. Paris, Dunod, 1954. 192p.
- Stepanoff, A.J. Pompes centrifuges et pompes hélices. Paris, Dunod, 1961. 506p.
- Streck, O. Problemas de hidráulica aplicada. Barcelona, Labor, 1933. 368p.
- Tison, L.J. Cours d'hydraulique. 1 partie. Gand, s.e., 1950. 383p.
- . Cours d'hydraulique. 2 partie. Gand, 1953. 446p.
- Troskolánsky, A.T. Théorie et pratique des mesures hydrauliques. Paris, Dunod, 1965. 820p.
- United States. Department of the Interior. Bureau of Reclamation. Design of small dams. Washington, 1960. 611p.
- Varlet, H. Aménagement utilisation et prix de revient des usines hydrauliques. Paris, Eyrolles, 1958. 211p.
- . Barrages; réservoirs. Paris, Eyrolles, 1966. 3v.
- . Turbines hydrauliques et groupes hydroélectriques. Paris, Eyrolles, 1964. 421p.
- . Usines de dérivation. Paris, Eyrolles, 1959. 2v.
- . Usines de retenue - Usines de plaine. Paris, Eyrolles, 1962. 341p.

## TABLA DE CONTENIDO

|   | Pág. |
|---|------|
| Introducción  | 40   |
| Similitud y Ensayos en Modelos Reducidos                                  | 47   |
| Diferentes Clases de Similitud  | 52   |
| Generalización de la Noción de Similitud                                  | 54   |
| La Similitud en Mecánica de Flúidos                                       | 55   |
| Condiciones de Similitud para los Flujos<br>en carga y a superficie libre | 56   |
| Utilización práctica de las condiciones de<br>Similitud                   | 81   |
| Notas Generales sobre Análisis Dimensional                                | 85   |