



# Planificaciones

6905 - Centrales Hidráulicas

Docente responsable: BACCHIEGA JORGE DANIEL

## OBJETIVOS

Vincular al alumno con las técnicas aplicadas al manejo de aguas y aprovechamiento de la energía hidráulica, brindando ejemplos de instalaciones reales. Se propiicia la aplicación de los conocimientos recabados a lo largo de la carrera, representando de este modo una unidad intergradadora en la especialidad.

## CONTENIDOS MÍNIMOS

### PROGRAMA SINTÉTICO

Energía y Sector Eléctrico. El mercado eléctrico. La demanda de energía eléctrica. La interconexión eléctrica. Caracterización de las centrales hidroeléctricas. Energía de un curso de agua. Estudios preliminares. Transferencia en el tiempo de la oferta hídrica. Centrales con embalses. Restricciones impuestas por otros usos prioritarios. Embalse de compensación. Estructura constitutiva de los aprovechamientos de alta, media y baja caída. Potencia y Energía Hidroeléctrica. Equipamiento de la central. Turbinas hidráulicas: de acción y de reacción. Instalaciones de maniobra y protección en el sistema hidráulico. Dispositivos de cierre, seguridad y control del caudal. Casa de máquinas. Disposición general. Potencia y energía de bombeo. Bombas hidráulicas. Clasificación en función del caudal y altura manométrica. Tipos de bombas. Estructura de la casa de máquinas. Aprovechamientos mediante acumulación por bombeo. Evolución histórica de las instalaciones y su rendimiento. Bomba simple y turbina - bomba. Ventajas y restricciones. Centrales Subterráneas. Aprovechamiento maremotrices. Micro-centrales Hidroeléctricas: Características constructivas. Utilización y tipos. Aspectos económicos. Aspectos Legales e Institucionales: Ley Nacional Nro. 15.336. Contratos de concesión. Costos y Tarifas. Puesta en marcha y detención de una bomba. Efectos transitorios. Cavitación. Condiciones en la aspiración. Variación de las condiciones del movimiento con la viscosidad y el peso específico. Efecto de la variación de temperatura y viscosidad. Efecto de la altura de aspiración en el rendimiento del bombeo.

### PROGRAMA ANALÍTICO

1.- Energía y Sector Eléctrico: Definición y unidades. Fuentes de energía. Incidencia en el desarrollo económico. Sustitución. Balances energéticos nacionales. La electricidad. Sus características. Autogeneración. El servicio público y sus requerimientos. El mercado eléctrico. La demanda. Características de los consumos y crecimientos; diagramas de carga y proyecciones. La oferta, disponibilidad y reservas. Función de los distintos tipos de centrales bajo la curva de carga. La interconexión eléctrica. Caracterización de las centrales hidroeléctricas.

2.- Energía de un curso de agua: Puesta en valor. Aprovechamientos de saltos de agua: por derivación, por retención y mixtos. Captación de afluentes. Aprovechamientos de lagos naturales. Esquema de aprovechamientos: global de un valle, conjugado de varios valles. Sistemas complejos con bombeo.

3.- Estudios preliminares: Curva hidrodinámica de la cuenca. Plan de utilización: esquema alternativo y variantes de proyectos. Determinación del esquema prioritario. Secciones extremas y salto bruto. Información hidrológica: curvas cronológicas, de duración, características y de concentración de caudales.

4.- Transferencia en el tiempo de la oferta hídrica: Centrales con embalses. Restricciones impuestas por otros usos prioritarios. Embalse de compensación aguas abajo. Regulación de la energía hidráulica disponible (diaria, semanal, estacional, anual). Optimización hidroeléctrica de la operación del embalse. Períodos críticos, criterios de garantía. Restricciones. Modelos. Resolución temporal y simulaciones. Potencia media garantida. Potencia a instalar y energía producible.

5.- Estructura constitutiva de los aprovechamientos de alta, media y baja caída: Características esenciales de las obras: ubicación y funciones en el esquema del aprovechamiento y elección, proceso constructivo y montaje. Según el caso : presas, embalses, derivación, obras de toma, obras de limpieza, de conducción, cámara de carga, chimenea de equilibrio, tubería de presión, casa de máquinas, equipamiento de la central, restitución.

6.- Potencia y Energía Hidroeléctrica : Evaluación de la energía hidráulica en una turbina, potencia, cupla y rendimientos. Recuperación de la energía residual. Saltos bruto y neto en los distintos tipos de aprovechamientos. Rendimiento global. Potencia útil en bornes de salida de la central. Potencia eléctrica instalada. Producción efectiva y productibilidad.

7.- Equipamiento de la central: Turbinas hidráulicas: de acción y de reacción. Elementos que componen la turbina. Triángulo de velocidades. Curvas características. Velocidad específica. Clasificación de las turbinas, elección del tipo. Cavitación. Disposiciones constructivas más comunes. Particularidades de las turbinas. Pelton, Francia, Hélice y Kaplan. Grupos con escurrimiento axial. Equipamiento eléctrico principal. Generador, transformador y servicios auxiliares.

- 8.- Instalaciones de maniobra y protección en el sistema hidráulico: Dispositivos de cierre, seguridad, control del caudal, regulación del tirante, limitación de presión y accesorios.  
Chimenea de equilibrio: régimen de oscilación en masa. Disposiciones constructivas. Chimenea diferencial: ecuaciones de Johnson. Criterio de estabilidad: fórmulas de Thoma y Evangelisti.  
Regulación, estabilidad y operación en paralelo de los grupos de generación.
- 9.- Potencia y energía de bombeo. Pérdida de carga de la conducción. Altura manométrica. Efecto regulador de la cámara de aducción. Caudal instalado. Módulo de los equipos en relación al diagrama de funcionamiento. Secuencia de arranque y parada.
- 10.- Bombas hidráulicas. Clasificación en función del caudal y altura manométrica. Tipos de bombas.
- 11.- Casa de máquinas: Disposición general; cubierta, a la intemperie y semi-intemperie. Fundaciones. Infraestructura y superestructura. Relación entre tipo de equipamiento y nivel de aguas abajo. Disposición del eje del grupo. Elementos y áreas necesarias para el montaje y mantenimiento. Previsiones para el sobreequipamiento futuro.
- 12.- Aprovechamientos en ríos de llanura: Características. Presas móviles . Restricciones cuando es navegable. Variación de la potencia en función del caudal disponible.
- 13.- Aprovechamientos mediante acumulación por bombeo. Evolución histórica de las instalaciones y su rendimiento. Bomba simple y turbina - bomba. Ventajas y restricciones.
- 14.- Centrales Subterráneas : Justificación y tipos. Aspectos económicos. Centrales de bombeo subterráneas.
- 15.- Aprovechamiento maremotrices: Las mareas. Características. Periodicidad. Ciclo de funcionamiento. Ventajas y restricciones. Realizaciones y proyectos.
- 16.- Micro-centrales Hidroeléctricas: Características constructivas. Utilización y tipos. Aspectos económicos.
- 17.- Fluidos viscosos. Características, newtonianos y no newtonianos. Efectos en los procesos de bombeo. Límites de operación de las bombas centrífugas.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Clases de Máquinas Hidráulicas y Aprovechamientos Hidroeléctricos. Universidad Nacional de La Plata. Ing. Roberto Diego Cotta, Tomos I y II. CEILP. 1969
- 2.- Centrales Hidroeléctricas. Zopetti
- 3.- Saltos de Agua y Presas de Embalse. Gomez Navarro
- 4.- Le Pompe. Mario Médici. Ed. Hoepli
- 5.- Hidráulica y Máquinas Hidráulicas. Claudio Mataix.
- 6.- Turbomáquinas Hidráulicas. Claudio Mataix.
- 7.- Hydraulic Turbine. A. J. Stepanoff
- 8.- Centrifugal and Axial Flow. A. J. Stepanoff.
- 9.- Conceptos sobre Máquinas Hidráulicas. Ing. Hugo R. Schmidt
- 10.- Estaciones Transformadoras. Zopetti.
- 11.- Efectos Transitorios y Tanques Antiarriete. Apuntes de cátedra. Ing. Diego Bottelli.
- 12.- Fluidodinámica Aplcada. Cuadernos Shaunt
- 13.- Guías de Trabajos Prácticos

## RÉGIMEN DE CURSADA

### Metodología de enseñanza

Clases teórico- prácticas con consultas semanales.

El dictado se efectúa de acuerdo con el cronograma previsto, desarrollando en cada caso los temas teóricos en primer término y luego la aplicación en temas prácticos, con aplicación de problemas concretos de instalaciones existentes.

Cada trabajo práctico prevé un proceso de dictado, elaboración por parte de los alumnos agrupados en grupos de tres, presentación de la versión preliminar, presentación de la versión definitiva, evaluación y aprobación.

### Modalidad de Evaluación Parcial

Se prevén dos parciales a lo largo del cuatrimestre y un coloquio integrador.

## **CALENDARIO DE CLASES**

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
<1> 09/03 al 14/03	<p>Generalidad s. .- Energía y Sector Eléctrico: Definición y unidades. Fuentes de energía. Incidencia en el desarrollo económico. Sustitución. Balances energéticos nacionales. La electricidad. Sus características .</p> <p>Autogeneración. El servicio público y sus requerimientos. El mercado eléctrico. La demanda. Características de los consumos y crecimientos; diagramas de carga y proyecciones. La oferta, disponibilidad y reservas. Función de los distintos tipos de centrales bajo la curva de carga. La interconexión eléctrica. Caracterización de las centrales hidroeléctricas.</p> <p>Concepto de instalación hidráulica. Aprovechamientos hidroeléctricos. Estaciones de Bombeo. Conceptos constructivos. Energía de un curso de agua. Aprovechamientos de saltos de agua: por derivación, por retención y mixtos. Estudios preliminares, curva hidrodinámica de la</p>					

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
	cuenca. Secciones extremas y salto bruto. Información hidrológica : curvas cronológicas de caudales, de duración, características de concentración en la cuenca.					
<2> 16/03 al 21/03	Estructura constitutiva de los aprovechamientos a distancia. Efecto regulador de un embalse. Obras de toma. Equipos regulación y control. Elementos de limpieza de rejillas. Obras de conducción. Cámara de carga. Chimenea de equilibrio.	TP N° 1. Hidrología. Hidrograma afluente			Septiembre 13	Guía TP. Clases de Máquinas Hidráulicas y Aprovechamientos Hidroeléctricos. Universidad Nacional de La Plata. Ing. Roberto Diego Cotta.
<3> 23/03 al 28/03	Tubería de presión. Casa de máquinas. Equipamiento de la central. Restitución. Estaciones de bombeo. Principales componentes. Cámara de aducción. Casa de bombas. Tubería de impulsión.	TP N° 2. Efecto regulador			Septiembre 20	Guía de Trabajos Prácticos. Ing. Hugo R. Schmidt/Miguel Costín Clases de Máquinas Hidráulicas y Aprovechamientos Hidroeléctricos. Universidad Nacional de La Plata. Ing. Roberto Diego Cotta.
<4> 30/03 al 04/04	Potencia y energía hidroeléctrica . Evolución de la energía hidráulica en una turbina, potencia, cupla, rendimiento. Recuperación de energía residual. Saltos bruto y neto. Rendimiento global.					

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
	Potencia útil en bornes de salida de la central. Producción efectiva y productividad.					
<5> 06/04 al 11/04	Potencia y energía de bombeo. Pérdida de carga de la conducción. Altura manométrica. Efecto regulador de la cámara de aducción. Caudal instalado. Módulo de los equipos en relación al diagrama de funcionamiento. Secuencia de arranque y parada.					
<6> 13/04 al 18/04	Bombas hidráulicas. Clasificación en función del caudal y altura manométrica. Tipos de bombas. Instalaciones de maniobra y protección de las centrales hidroeléctricas y estaciones de bombeo. Compuertas planas y ataguías.	TP N° 3. Dimensionamiento de conducciones. Pérdida de carga.			Octubre 11	Guía TP. Centrales Hidroeléctricas. Zopetti Salto de Agua y Presas de Embalse. Gómez Navarro
<7> 20/04 al 25/04	Compuertas sector. Compuertas tipo clapeta. Elementos de accionamiento. Dispositivos de estanquidad. Válvulas planas a deslizamiento y rodamiento. Válvulas aguja, de chorro hueco, mariposa, cilíndrica, a sector, esférica.	TP N° 4. Caudal instalado. Perfil de la conducción y prediseño de la casa de máquinas. Modulación estación de bombeo.			Octubre 18	Guía TP. Le Pompe. Mario Médici. Hidráulica y Máquinas Hidráulicas. Claudio Mataix. Máquinas Hidráulicas. Claudio Mataix. Hydraulic Turbine. Stepanoff Conceptos de Máquinas Hidráulicas. Ing. Hugo R. Schmidt
<8>	Efectos					

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
27/04 al 02/05	transitorios en las conducciones. Chimenea de equilibrio : ecuaciones fundamentales. Solución sin y con rozamiento.					
<9> 04/05 al 09/05	Cierre brusco. Apertura brusca. Variación lineal. Diversos tipos de chimenea de equilibrio. Estabilidad de funcionamiento. Fórmulas de Thoma y Evangelisti. Regulación de las turbinas. Reguladores. Operación de equipos en paralelo.	TP N° 5 Chimenea de equilibrio. Sistemas antiarriete en acueductos.			Noviembre 8	Estaciones Transformadoras. Zopetti. Guía de Trabajos Prácticos. Ing. Hugo R. Schmidt
<10> 11/05 al 16/05	Evaluación Parcial					
<11> 18/05 al 23/05	Elementos de protección en las estaciones de bombeo. Sistemas antiarriete. Válvulas reguladoras y compensadoras. Puesta en marcha y detención de una bomba.	TP N° 6. Instalaciones Accesorias (Equipos Mecánicos y Eléctricos)			Noviembre 22	Guía T.P. Efectos Transitorios y Tanques Antiarriete. Apuntes de cátedra. Ing. Diego Bottelli.
<12> 25/05 al 30/05	Efectos transitorios. Accesorios y elementos de control de las instalaciones. Cavitación. Centrales Subterráneas : Justificación y tipos. Aspectos económicos. Centrales de bombeo subterráneas . Aprovechamiento maremotrices: Las mareas.					

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
	Características . Periodicidad. Ciclo de funcionamiento. Ventajas y restricciones. Realizaciones y proyectos. Micro-centrales Hidroeléctricas: Características constructivas. Utilización y tipos.					
<13> 01/06 al 06/06	<p>Aspectos económicos: Los requerimientos en pico del diagrama de cargas. Calidad y precio de la energía eléctrica. Dimensiones económicas de las instalaciones. Cronogramas de obras, montaje y puesta en marcha. Presupuestos.</p> <p>Aspectos Legales e Institucionales : Ley Nacional Nro. 15.336. Contratos de concesión. Costos y Tarifas. Prioridades en el uso del agua. Aprovechamientos interprovinciales. Regalías hidroeléctricas. Aprovechamientos internacionales. Relación de obras y proyectos hidroeléctricos. Plan energético nacional. Condiciones en la aspiración. Variación de las</p>	TP N° 7. Centrales de Bombeo			Noviembre 29	Centrales de Bombeo. Apuntes de Cátedra. Ing. Hugo R. Schmidt

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
	condiciones del movimiento con la viscosidad y el peso específico. Efecto de la variación de la temperatura. Tuberías calefaccionadas.					
<14> 08/06 al 13/06	Equipos de bombeo para fluidos livianos o volátiles. Para fluidos viscosos y altamente viscosos. Bombas centrífugas, de engranajes y helicoidales (Doble y triple tornillo).					
<15> 15/06 al 20/06	Efecto de la altura de aspiración en el rendimiento del bombeo. Variación en función de la viscosidad del fluido.	TP N°8. Fluidos viscosos.			Diciembre 6	Fluidodinámica Aplicada. Cuadernos Shaunt.
<16> 22/06 al 27/06	Evaluación del rendimiento del equipo de acuerdo con las propiedades del fluido. Selección de equipos. Extrapolación de los parámetros de ensayo a partir de los obtenidos para el agua.					

## CALENDARIO DE EVALUACIONES

### Evaluación Parcial

Oportunidad	Semana	Fecha	Hora	Aula
1º	9	15/10	17:00	208
2º	11	29/10	17:00	208
3º	12	05/11	17:00	208
4º				