



Universidad Nacional de Río Cuarto  
Facultad de Ingeniería

## PROGRAMA ANALÍTICO

**DEPARTAMENTO: MECÁNICA**

**CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA**

**ASIGNATURA: MÁQUINAS HIDRÁULICAS Y NEUMÁTICAS**

**CÓDIGO: 0339**

**AÑO ACADÉMICO: 2020**

**PLAN DE ESTUDIO: 2005**

**UBICACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIO: 1ER. CUATRIMESTRE DE 4to. AÑO**

**MODALIDAD DE CURSADO: PRESENCIAL**

**DOCENTE A CARGO: Ing. Osvaldo Daniel Villagra – Profesor Adjunto Semi-Exclusivo**

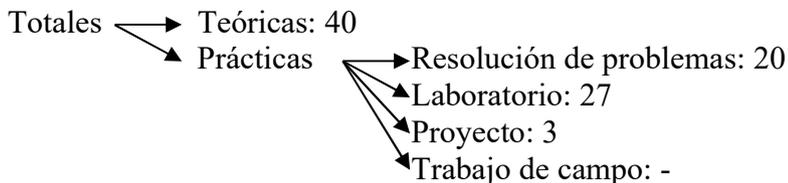
**EQUIPO DOCENTE: Ing. Osvaldo Daniel Villagra – Profesor Adjunto Semi-Exclusivo  
Ing. Oscar Adrián Florio – Jefe de Trabajos Prácticos Semi-Exclusivo**

**RÉGIMEN DE ASIGNATURAS:**

<i>Aprobada</i>	<i>Regular</i>
0324	0331

**ASIGNACIÓN DE HORAS:**

Semanales: 6



**CARÁCTER DE LA ASIGNATURA: Obligatoria**



## **OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA:**

El objetivo fundamental del docente encargado del dictado de Máquinas Hidráulicas debe ser el de lograr la formación del alumno, en el período correspondiente de un cuatrimestre, en todo lo que atañe a las Turbomáquinas Hidráulicas, Circuitos Hidráulicos y Circuitos Neumáticos. Para ello se busca que los alumnos adquieran los conocimientos Teórico-Prácticos del funcionamiento de las distintas máquinas y equipos tratados en esta asignatura y lleguen a conocer las características de cada una de ellas, incursionando en el diseño de las mismas. Esta actividad formativa debe ser complementada con el diseño de instalaciones utilizando los equipos antes mencionados, realizándose paralelamente visitas a obras y fábricas.

Las actividades para alcanzar tales objetivos deben ser las siguientes: Dictado de Clases Teórico-Prácticas donde se desarrolla el análisis y descripción de las distintas máquinas e instalaciones, resolución de Ejercicios afines al tema tratado y realización de Prácticas de Laboratorio, todo esto implementado en el Laboratorio de Máquinas Hidráulicas con lo cual se logra un análisis integral muy deseado por cierto. Brindar Clases de Consultas en las cuales el alumno puede resolver sus dudas en forma individual o grupal.

Para el desarrollo de los Prácticos de Laboratorio se cuenta con una Guía de Trabajos Prácticos, la cual permite ensayar los equipos obteniéndose valores para la confección de las curvas características de la forma que en ella se indica.

## **CONTENIDOS**

### **CAPITULO 1 ECUACIONES FUNDAMENTALES**

Definición y clasificación de máquinas hidráulicas - Triángulo de velocidades de entrada y salida - Ecuación de Euler. Primera fórmula - Ecuación de Euler - Segunda fórmula: componentes energéticas - Grado de reacción.

### **CAPITULO 2 LEYES DE SEMEJANZA. PARAMETROS IMPORTANTES. PERDIDAS.**

Hipótesis - Relación de los rendimientos - Leyes de semejanza de las bombas hidráulicas. Número específico de revoluciones - Leyes de semejanza de las turbinas hidráulicas - Expresión del número específico de revoluciones - Leyes de semejanza de los ventiladores - Coeficientes de velocidades - Curvas características - Altura efectiva, neta, bruta, útil - Pérdidas: internas y externas.

### **CAPITULO 3 BOMBAS CENTRIFUGAS**

Elementos constitutivos - Rodetes de bombas centrífugas. Tipos. Triángulos vectoriales - Curva carga-caudal teórica. Pérdidas. Curva real - Potencias: de accionamiento, interna y útil. Rendimientos hidráulico, volumétrico, mecánico y total - Altura máxima de aspiración. Cavitación. Coeficiente.



*Universidad Nacional de Río Cuarto*  
*Facultad de Ingeniería*

#### CAPITULO 4 BOMBAS AXIALES

Rodetes. Triángulos de velocidades. Vértice común. Base común - Alabe como perfil de ala de avión - Energía transferida y grado de reacción - Influencia de la variación del caudal. Bombas Kaplan - Cavitación en bombas axiales.

#### CAPITULO 5 TURBINAS DE ACCION

Turbinas Pelton. Elementos constitutivos - Triángulos de velocidad - El inyector. Velocidad tangencial mas conveniente - Número de chorros por rueda. Paso de los álabes - El deflector. Función.

#### CAPITULO 6 TURBINAS DE REACCION RADIALES

Turbinas Francis. Elementos constitutivos - El distribuidor: paletas fijas y móviles - El rodete. Diagramas vectoriales. Variación de la forma del rodete con el número específico de revoluciones. Curvas de rendimiento - Tubo de aspiración: función, formas - Cavitación. Coeficientes. Influencia de la velocidad específica.

#### CAPITULO 7 TURBINAS DE REACCION AXIALES

Turbinas Kaplan. Elementos constitutivos. Fórmulas - El distribuidor. Vórtice libre - El rodete. Diagramas vectoriales. Formas de los álabes. Mecanismos de orientación - Turbinas de eje horizontal: de pozo, de bulbo, tubular y Straflo - Turbinas diagonales: Deriaz. Ventajas.

#### CAPITULO 8 REGULACION DE TURBINAS

Condiciones de funcionamiento - Regulación taquimétrica. Estatismo - Regulación directa, indirecta y con realimentación - Regulación de turbinas Pelton, Francis y Kaplan. Prevención del golpe de ariete.

#### CAPITULO 9 CENTRALES HIDRAULICAS

Salto naturales. Potencia. Potencia instaladas - Comparación con las centrales térmicas - Tipos de centrales: de pasada, de embalse, mareomotrices y de bombeo - Cañerías de alimentación. Materiales - Golpe de ariete. Cierres brusco y lento. Teoría de Allievi - Elementos de cierre: compuertas y válvulas.

#### CAPITULO 10 BOMBAS DE EMBOLO

Desplazamiento positivo. Tipos de bombas - Ciclos teórico e indicado - Bombas radiales de émbolo. Caudal. Regulación - Bombas axiales de émbolo. Caudal. Regulación.



*Universidad Nacional de Río Cuarto*  
*Facultad de Ingeniería*

## CAPITULO 11 BOMBAS ROTOESTATICAS

Bombas a engranajes: exterior e interior. Caudal. Presiones. Bombas de lóbulos - Bombas a paletas. Caudal. Simples y dobles. Regulación - Bombas a tornillo. Caudal. Empuje.

## CAPITULO 12 TRANSMISIONES HIDRODINAMICAS

Origen y utilidad - Acoplamientos hidrodinámicos. Momento. Resbalamiento. Curvas - Convertidor de par. Curvas – Acoplamiento-convertidor. Curvas.

## CAPITULO 13 CIRCUITOS HIDRAULICOS

Aplicación del principio de Pascal. Evolución del esquema de aplicación - Comparación con las transmisiones mecánicas. Campo de aplicación - Válvulas hidráulicas. Control de presión, de caudal y de dirección. Símbolos - Circuitos. Sincronizantes, secuenciales, de incremento de presión, de incremento de fuerza, hidrocopiadores - Servomecanismos.

## CAPITULO 14 CIRCUITOS NEUMATICOS

Producción, distribución y preparación del aire comprimido - Elementos neumáticos de trabajo. Cilindros de simple y doble efecto. Elementos de movimiento giratorio - Válvulas neumáticas. Distribuidoras, antiretorno, reguladoras de presión y de caudal. .Simbología neumática.

## **PROGRAMA DE TRABAJOS PRACTICOS**

### EJERCICIOS DE AULA

- 1- Desarrollo de problemas de Ecuación de la Energía.
- 2- Desarrollo de problemas de Leyes de Semejanza.
- 3- Desarrollo de problemas de Bombas Centrífugas.
- 4- Cálculo y proyecto de una instalación hidráulica. Cálculo de cañería, selección de la estación de bombeo, selección de los distintos elementos componentes de la instalación.
- 5- Desarrollo de problemas de Bombas de Pozo Profundo.
- 6- Diseño de bomba radial de varios escalonamientos.
- 7- Desarrollo de problemas de Bombas Axiales.
- 8- Desarrollo de problemas de Turbinas Francis.
- 9- Desarrollo de problemas de Turbinas Kaplan.
- 10- Desarrollo de problemas de Turbinas Pelton.

### PRACTICOS DE LABORATORIO

- a- Ensayos de Bombas Centrífugas.
- b- Ensayos de Ventiladores:
  - b1- Alabes curvados hacia atrás.
  - b2- Alabes radiales.
  - b3- Alabes curvados hacia adelante.



- c- Ensayo de Bomba Axial.
- d- Ensayo de Bomba a Engranajes.
- e- Ensayo de Turbina Francis.
- f- Ensayo de Turbina Kaplan.
- g- Ensayo de Turbina Pelton.

### **METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA:**

La revisión de los objetivos y contenidos de la materia en función de los objetivos del plan de estudio de la carrera y sus competencias profesionales, contribuyen a darle a la misma gran valor.

Los contenidos de la asignatura requieren un acabado conocimiento de la forma en que las máquinas intercambian la energía mecánica/hidráulica, en consecuencia las actividades programadas apuntarán al desarrollo de esas competencias en el manejo de los contenidos, para ello se realizará especial énfasis en los trabajos de laboratorio, donde el alumno toma contacto con la máquina y releva sus características de funcionamiento y de regulación, encontrando así la relación entre energía utilizada y energía entregada.

A partir de la propia experiencia se evalúa positivamente la implementación de clases teórico prácticas, destacándose las actividades que deben llevar a cabo los alumnos en vistas de lograr una participación activa y despertar su interés en el aprendizaje; en relación con este propósito, la modalidad de trabajo con los alumnos consistirá en:

Los temas son presentados por el docente, quien motiva a los alumnos, mediante el planteo de situaciones y problemas de la práctica profesional, basándose en conocimientos previos.

Las experiencias de laboratorio se realizan a continuación de la presentación del tema por parte del docente. A fin de asegurar la comprensión del tema tratado se ubica en una misma clase el laboratorio, donde se discuten los conceptos y se realiza la experiencia frente a una máquina didáctica.

La exposición es dialogada y se incorpora para el desarrollo de la clase el uso de transparencias y material didáctico como recursos para optimizar la enseñanza.

### **MODALIDAD DE EVALUACIÓN:**

Se deben cumplimentar los siguientes requisitos para la promoción y regularización de la materia:

- Asistencia al 80 % de la totalidad de clases Teórico-Prácticas y Prácticos de Laboratorio.
- Aprobación de tres exámenes teóricos con calificación promedio de 7 (siete) puntos para promoción.
- Aprobación de dos exámenes prácticos con calificación promedio de 7 (siete) puntos para promoción.
- Exigencia de la obtención de una calificación mínima promedio de siete puntos para promoción sin registrar instancias evaluativas con notas inferiores a cinco puntos. Recuperar cada instancia evaluativa, definida como requisito para la obtención de la promoción, cualquiera sea la calificación obtenida.
- Posibilidad de recuperar todos los exámenes teóricos y prácticos.
- Aprobación de un examen teórico integrador al promediar el cuatrimestre para promoción.
- Presentación de la carpeta de Trabajos Prácticos con todos los ejercicios resueltos y la totalidad de los Trabajos Prácticos de Laboratorio realizados.



Aquellos alumnos que, habiendo aprobado la totalidad de los exámenes planteados en el párrafo anterior con calificación mínima de 5 (cinco) puntos, no hubieran alcanzado la promoción, obtendrán la regularidad de la materia debiendo rendir Examen Final en los turnos correspondientes. Quiénes no hayan alcanzado los objetivos planteados anteriormente se considerarán alumnos libres. Ha motivado la elección del régimen de promoción el convencimiento de la conveniencia de la evaluación continua, lo que favorece la incorporación progresiva de los conocimientos necesarios.

### **MODALIDAD DE EVALUACIÓN DEL ALUMNO LIBRE**

Aquellos alumnos que habiendo cursado la materia hayan quedado en condición de libres o aquellos que sin haberla cursado quisieran rendir la materia en dicha condición, deberán someterse a un examen el cual consta de las siguientes partes:

- Examen escrito teórico-práctico consistente en el desarrollo de un tema teórico y la resolución de un ejercicio práctico.
- Una vez aprobado el examen escrito se pasará al Laboratorio donde deberá ser capaz de desarrollar el práctico sobre cualquiera de las máquinas de las que consta dicho Laboratorio (desarrollos que están contenidos en la correspondiente guía).
- Habiendo cumplimentado el requisito de la aprobación de la evaluación en el Laboratorio, se le darán tres temas teóricos para desarrollar oralmente a manera de examen final. Aprobando ésta etapa teórica, se le dará por aprobada la asignatura.

### **CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES:**

9/3 - Introducción - Clasificación - Triángulos de velocidades - Ecuación de Euler Implícita y Explícita - Grado de reacción.

11/3 - **Ejercicios Prácticos 1 y 2 (Triángulos de Velocidades y Ecuación de la Energía)**

13/3 - Leyes de Semejanza en Bombas, Turbinas y Ventiladores - **Ejercicio Práctico 4 (Leyes de Semejanza)**.

16/3 - N° Específico de Revoluciones - N° Esp. de Rev. para Turbomáquinas Múltiples - Coeficientes de velocidad. Alturas en las Turbomáquinas.

18/3 - Pérdidas en las Turbomáquinas - Rendimientos - Bombas Centrífugas - Elementos Constitutivos - Triángulos de Velocidades.

20/3 - Influencia del Angulo  $\beta_2$  - Curva Ideal  $H = f(Q)$  - Curva Real  $H = f(Q)$ .- - Paradoja de la Teoría Unidimensional - Teoría Bidimensional. **Ejercicio Práctico 2 TP1 y 1 TP3 (Bombas Centrífugas)**.

23/3 - N° y Espesor de los Alabes - Trazado de la Voluta - Trazado de los Alabes - Cavitación - Bombas de Pozo Profundo.

25/3 - **Ejercicio Práctico 7 (Bombas de Pozo Profundo) - Ejercicio Práctico 9 (Cavitación) - Ejercicio Práctico 12 (Bombas Centrífugas)**.

27/3 - Bombas en Serie - Bombas en Paralelo - Regulación de Bombas - **Ejercicio Práctico (Bombas Centrífugas -  $H = -30$  m)**.

30/3 - **Ensayo de Bomba Centrífuga - Ensayo de Ventiladores Tres Rodetes**.

1/4 - Bombas Axiales - Elementos Constitutivos - Triángulos de Velocidades - Bombas Axiales - Análisis del álabe como perfil de ala - Expresiones de H y GR - Curvas Características - Efecto de la Incidencia - Bombas Kaplan - Cavitación.



- 3/4 - **Ejercicio Práctico (Bomba Axial) - Ensayo de Bombas Kaplan  $\alpha = 10^\circ$ ,  $\alpha = 15^\circ$  y  $\alpha = 30^\circ$ ,  $n = 1800$  rpm y  $n = 2700$  rpm.**
- 6/4 - Turbina Pelton - Elementos constitutivos - Triángulos de Velocidades - Energía Transferida. - Relación de Diámetros - **Ejercicio Práctico 20 (Turbina Pelton)**
- 8/4 - **1º COLOQUIO.** (Pérdidas, Rendimientos, Bombas Centrífugas, Bombas de Pozo Profundo, Cavitación, Bombas Axiales).
- 13/4 - **1º PARCIAL.** (Bombas).
- 15/4 - ns - Campo de Aplicación de Turbina Pelton - Elección de Parámetros - Incidencia del Agua en las Cucharas - Determinación del Paso.
- 17/4 - **Ensayo de Turbina Pelton** - Turbina Francis.
- 20/4 - Turbina Francis (Cámara Espiral - Tubo de Aspiración) - **Ejercicio Práctico 17 (Turbinas Francis).**
- 22/4 - **Ensayo de Turbina Francis  $H = 10$  m,  $n = 1500$  rpm.- Ensayo de Turbina Francis  $H = 15$  m,  $n = 1500$  rpm. - Ejercicio Práctico 14 (Turbina Francis).**
- 24/4 - Visita a Cerro Pelado y Piedras Moras.
- 27/4 - **Ejercicios Prácticos 15 (Turbinas Francis) –**
- 29/4 - **Ejercicios Prácticos 16 (Turbinas Francis) -**
- 4/5 - Turbina Kaplan.
- 6/5 - Turbina Kaplan - **Ensayo de Turbina Kaplan  $\Delta h = 80$  mm. c. Hg;  $\alpha = 10^\circ$ ,  $\alpha = 20^\circ$ ,  $\alpha = 30^\circ$ ,  $n = 1500$  rpm.**
- 8/5 - **Ejercicio Práctico 5.1 Pag. 179 P.E** - Acoplamiento Fluidos.
- 11/5 - **2º COLOQUIO.** (Turbina Pelton, Turbina Francis, Turbina Kaplan, Turbinas de Eje Horizontal, Acoplamiento Fluidos).
- 13/5 - **2º PARCIAL.** (Turbinas).
- 15/5 - Circuitos Hidráulicos - Generalidades - Simbología.
- 18/5 - Circuitos Hidráulicos - Diagramas de Circuitos - Circuitos Típicos - Depósitos y Filtros - Fluidos Hidráulicos - Bombas.
- 20/5 - Controles de Presión. Controles Direccionales - Controles de Flujo. Motores lineales y rotativos - Circuitos
- 22/5 - Catálogos - **Banco de Ensayos de Circuitos Hidráulicos – Ensayo de Bomba a Engranajes.**
- 27/5 - Circuitos Neumáticos - **Operación de distintos elementos en Tablero didáctico.**
- 29/5 - Circuitos Neumáticos. - **Circuito de Guillotina - Implementación en Tablero.**
- 1/6 - **Circuitos secuenciales - Implementación en Tablero.**
- 3/6 - **3º COLOQUIO.** (Circuitos Hidráulicos y Circuitos Neumáticos)
- 5/6 - Recuperatorio
- 8/6 - Recuperatorio
- 10/6 - Recuperatorio
- 12/6 – Recuperatorio
- 17/6 – Recuperatorio
- 19/6 - Recuperatorio



Universidad Nacional de Río Cuarto  
Facultad de Ingeniería

**HORARIOS DE CLASE:**

Lunes de 13 a 15 h.  
Miércoles de 19 a 21 h.  
Viernes de 13 a 15 h.

**HORARIOS DE CONSULTA:**

Lunes de 19 a 21:30 h.  
Miércoles de 18 a 19 h.

**BIBLIOGRAFÍA:**

Bibliografía	En el caso de libros	
	Cantidad*	Año de edición
Turbomáquinas Hidráulicas – Polo Encinas – Ed. LIMUSA	1	1976
Turbomáquinas Hidráulicas – Claudio Mataix – Ed. ICAI	3	1975
Mecánica de los fluidos y Máquinas Hidráulicas - Claudio Mataix – Ed. Harla	1	1970
Mecánica de los fluidos y Máquinas Hidráulicas - Claudio Mataix – Ed. Harper & Row	1	1970
Mecánica de los fluidos y Máquinas Hidráulicas - Claudio Mataix – Ed. ICAI	1	1975
Mecánica de los fluidos y Máquinas Hidráulicas - Claudio Mataix – Ed. Alfaomega	2	2006
Bombas sumergibles y estaciones de bombeo – Editado por FLYGT	1	2009
Circuitos Hidráulicos - Editado por: VICKERS.	1	1990
Training Hidráulico - Editado por: MANNESMAN REXROTH.	1	1993
Introducción en la Neumática - Editado por: FESTO DIDACTIC.	1	1986
Neumatica e Hidraulica – Antonio Creus Sole – Editado por MARCOMBO	1	2009
Desgaste de Maquinas Hidráulicas en la generación Hidroeléctrica <a href="https://www.researchgate.net/publication/322835378_DESGASTE_DE_MAQUINAS_HIDRAULICAS_EN_LA_GENERACION_HIDROELECTRICA">https://www.researchgate.net/publication/322835378_DESGASTE_DE_MAQUINAS_HIDRAULICAS_EN_LA_GENERACION_HIDROELECTRICA</a>		2016

\* disponible en la biblioteca para uso de los alumnos.

\_\_\_\_\_  
Firma Docente Responsable

\_\_\_\_\_  
Firma Secretario Académico