



Carrera de: <b>INGENIERÍA CIVIL</b>			
DEPARTAMENTO DE: HIDRAULICA ASIGNATURA:-- <b>HIDROLOGIA</b> (Código 28) APROBADO POR RESOLUCION Nº 020/07 – C.D. (27/03/2007)			
<b>AREA:</b> CIENCIAS TECNOLÓGICAS BASICAS			
<b>CARACTER DE LA ASIGNATURA</b>		OBLIGATORIA	
<b>REGIMEN</b>	<b>HORAS DE CLASE</b>		<b>PROFESORES</b>
Cuatrimstral	Por Semana	Total	Titular: Ing. Carlos A. DEPETTRIS
	<b>8</b>	<b>120</b>	Adjunto: Ing. Hugo Rubén ROHRMANN
<b>ASIGNATURAS CORRELATIVAS PRECEDENTES</b>			
Aprobadas		Regularizadas	
Geotecnia Hidráulica General Topografía y Elementos de Geodesia		--	

### PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

#### 1. OBJETIVOS

Reconocer y describir el papel de la hidrología en el campo de la ingeniería.  
Identificar y modelar los principales fenómenos del ciclo hidrológico, conocer sus relaciones y su influencia en el diseño de obras.

#### 2. CONTENIDOS

##### 2.1 CONTENIDOS MINIMOS

Objeto y evaluación de recursos hídricos. La cuenca. Ciclo hidrológico y balance hídrico. Climatología. Precipitación. Evaporación, evapotranspiración e infiltración. Agua subterránea. Hidrometría. Estadística aplicada. Propagación de crecidas. Riego: los distintos sistemas. Conceptos generales de drenaje

##### 2.2 CONTENIDO ANALITICO

###### **Unidad I. Ciclo hidrológico y cuenca hidrográfica.**

I.1. Definición y objeto de la Hidrología.

I.2. Ciclo Hidrológico.

I.3. Cuenca hidrográfica.

I.3.1. La cuenca como sistema.

I.3.2. Fisiografía de la cuenca: área; pendiente, criterios de Alvord, Horton y Nash; red de drenaje, orden y densidad de corrientes, leyes de Horton, densidad de drenaje; pendiente del cauce principal: criterio de Taylor-Schwartz.

###### **Unidad II. Agua Atmosférica.**

II.1. Estudio de la precipitación: su importancia en el ciclo hidrológico: variables y parámetros del sistema hidrológico. Balance hídrico; año hidrológico.

II.2. Meteorología.

II.2.1. La atmósfera terrestre: Circulación general.

II.2.2. Vapor de agua: presión de vapor y agua precipitable.

II.2.3. Formación y formas de la precipitación.

II.2.4. Tipos de precipitación: ciclónica, convectiva, orográfica.

II.3. Medición de la precipitación: pluviómetro, pluviógrafo. Variabilidad. Redes de medición.

II.4. Análisis de los datos de precipitación.

II.4.1. Cálculo de la precipitación sobre un área: media aritmética, polígonos de Thiessen, curvas isohietas.

II.4.2. Análisis de consistencia de series pluviométricas.

II.4.3. Estimación de datos faltantes.

II.4.4. Distribución temporal de la precipitación.



II.4.5. Distribución areal de tormentas: curvas hp – A – d.

### **Unidad III. El agua en la zona no saturada.**

#### III.1. Evaporación.

- III.1.1. Factores actuantes en el proceso: meteorológicos, superficie evaporante, calidad del agua.
- III.1.2. Estimación de la evaporación con tanques y datos meteorológicos.
- III.1.3. Evaluación de las técnicas para estimar la evaporación.

#### III.2. Evapotranspiración.

- III.2.1. Definición.
- III.2.2. Determinación por medio del Balance Hídrico.
- III.2.3. Determinación por medio de lisímetros.
- III.2.4. Evapotranspiración potencial a partir de datos meteorológicos: método de Thornthwaite.
- III.2.5. Evapotranspiración real estimada a partir de la potencial.

#### III.3. Infiltración.

- III.3.1. Definición.
- III.3.2. Capacidad de infiltración.
- III.3.3. Ensayos de infiltración.
- III.3.4. Estudio de la infiltración: tasa; intercepción total y efectiva; lluvia efectiva, eficaz y neta.
- III.3.5. Ajuste temporal de la curva de capacidad de infiltración.
- III.3.6. Capacidad de infiltración en grandes cuencas.

#### III.4. Balance Hídrico.

- III.4.1. Déficit de escurrimiento, exceso y aportaciones.
- III.4.2. Cálculo: método de Thornthwaite.

### **Unidad IV. Agua subterránea.**

#### IV.1. Conceptos generales: nivel freático, recarga, acuíferos.

#### IV.2. Los parámetros hidráulicos del acuífero: coeficiente de Permeabilidad, coeficiente de almacenamiento. Métodos para determinar la conductividad hidráulica en campo. Formaciones acuíferas que presentan estratificación: permeabilidad media, horizontal y vertical.

#### IV.3. Hidráulica de pozos.

- IV.3.1. Ecuaciones de movimiento: flujo establecido y flujo no establecido.
- IV.3.2. Métodos de equilibrio: Ley de Dupuit, hipótesis. Flujo en dos y tres dimensiones. Fórmulas de Thiem y Dupuit.
- IV.3.3. Métodos de no equilibrio: fórmulas de Theis y Jacob. Análisis de ensayos de bombeo.

#### IV.4. Potencial de un depósito de agua subterránea: producción firme.

### **Unidad V. Hidrometría.**

#### V.1. Fuentes del escurrimiento.

#### V.2. Descripción del proceso de escurrimiento.

#### V.3. Caudal. Hidrograma; medición de niveles: limnómetro y limnógrafo. Aforo; distintos métodos: sección de control, relación sección-velocidad, relación sección-pendiente. Cálculo: medición con molinete hidrométrico; otros métodos de medición.

#### V.4. Ajuste de los datos de caudal: curvas de calibración (H-Q). Modificaciones de la curva H-Q: cambio de régimen, cambio de sección, remanso. Extrapolación de la curva H-Q: métodos de Stevens y logarítmico.

#### V.5. Análisis del hidrograma: puntos característicos. Tipos principales relacionando intensidad de lluvia-infiltración-deficiencia de humedad del suelo. Separación de flujos directo y base: tormentas aisladas y tormentas consecutivas.

### **Unidad VI. Estadística aplicada a la Hidrología.**

#### VI.1. Tratamiento probabilístico de la información hidrológica.

#### VI.2. Probabilidad de crecidas.

##### VI.2.1. Período de retorno.

##### VI.2.2. Series de información hidrológica.

#### VI.3. Funciones teóricas de distribución de probabilidad.

#### VI.4. Parámetros estadísticos.

#### VI.5. Distribuciones utilizadas en Hidrología: Normal, log Normal, Pearson III, log Pearson III, Gumbel, Distribución de Valores Extremos o GEV.



- VI.6. Test de bondad de ajuste de Chi cuadrado.
- VI.7. Selección del nivel de diseño.
- VI.8. Tormentas de diseño: relaciones intensidad (i) – duración (d) – frecuencia (f); precipitación máxima probable.

#### **Unidad VII. Hidrograma Unitario.**

- VII.1. Modelo de sistema hidrológico general.
  - VII.1.2. Sistema lineal en tiempo continuo.
- VII.2. Funciones respuesta en sistemas lineales.
  - VII.2.1. Función impulso respuesta.
  - VII.2.2. Función respuesta de paso.
  - VII.2.3. Función respuesta de pulso.
  - VII.2.4. Sistema lineal en tiempo discreto.
  - VII.2.5. Función respuesta de pulso discreto.
- VII.3. El Hidrograma unitario. Postulados básicos.
- VII.4. Deducción del Hidrograma unitario.
- VII.5. Aplicación del Hidrograma unitario.
- VII.6. Hidrograma unitario sintético.
  - VII.6.1. Método del SCS de EEUU.
  - VII.6.2. Método de Snyder.
- VII.7. Hidrogramas unitarios para diferentes duraciones de lluvia.

#### **Unidad VIII. Propagación de crecidas.**

- VIII.1. Movimiento de ondas. Ley de Seddon. Ondas dinámicas y cinemáticas. Ondas en canales naturales.
- VIII.2. Análisis teórico de las ecuaciones de Saint Venant: movimiento gradualmente variado, fuerzas actuantes, simplificaciones. Análisis de la ecuación de continuidad. Almacenamiento de cauce: prisma y cuña.
- VIII.3. Propagación de crecidas en ríos: método de Muskingum.
- VIII.4. Propagación de crecidas en embalses: curvas características. Método de Puls.
- VIII.5. Cálculo del Hidrograma unitario por el método de Clark: desarrollo y aplicación.

#### **Unidad IX. Modelos Hidrológicos.**

- IX.1. Concepto de sistema. Modelo del sistema hidrológico.
- IX.2. Clasificación de modelos hidrológicos: determinísticos y estocásticos.
- IX.3. Componentes y construcción del modelo.
  - IX.3.1. Entradas.
  - IX.3.2. Abstracciones hidrológicas.
  - IX.3.3. Salidas.
- IX.4. Calibración y validación de modelos hidrológicos.
  - IX.4.1. Calibración y verificación.
  - IX.4.2. Análisis de sensibilidad.
  - IX.4.3. Aplicación. Ejemplos.

#### **Unidad X. Hidrología Urbana.**

- X.1. Conceptos en drenaje urbano.
- X.2. Inundaciones urbanas: debidas a las crecientes de los ríos, debidas a la urbanización.
- X.3. Elementos componentes del sistema pluvial urbano.
  - X.3.1. Sistema mayor.
  - X.3.2. Sistema menor.
- X.4. Metodología para el diseño de una red de desagües pluviales urbanos.
- X.5. Criterios básicos para la formulación del proyecto.
- X.6. Caudal máximo de diseño: el uso del método racional.
- X.7. Dimensionamiento de conductos.
- X.8. Velocidad de autolimpieza.
- X.9. Aspectos ambientales relacionados con el agua pluvial en las ciudades.

#### **Unidad XI. Sistemas y métodos de riego.**

- XI.1. Necesidad en agua para riego.



- XI.1.1. Atributos. Uso Consuntivo. Precipitación y Eficiencia. Necesidad en agua de riego. Balance hidrológico por cultivo. Dotación. Caudal ficticio continuo.
- XI.1.2. Operación del riego. Relación dosis/dotación. Frecuencia del riego. Análisis de la relación. Superficie regable.
- XI.2. Métodos de Riego en la Parcela.
  - XI.2.1. Clasificación: Superficiales, subterráneas, aspersión y localizados.

#### **Unidad XII. Saneamiento agrícola.**

- XII.1. Definición. Efectos. Desagües y drenajes. Inconvenientes y ventajas de los suelos húmedos.
- XII.2. Causas del exceso de humedad. Aportes exteriores. Estancamiento interno. Obstáculos a la evacuación natural. Casos típicos.
- XII.3. Saneamiento en la parcela. Daños. Caudal específico. Drenes. Separación.
- XII.4. Saneamiento regional.
- XII.5. Zonificación de riesgo hídrico agropecuario.

#### **Programa de Trabajos Prácticos.**

##### **Trabajo N° 1:** Determinación de las características físicas de la cuenca.

Superficie y perímetro de la cuenca, pendiente media de la cuenca (distintos criterios), curva hipsométrica y altitud media, parámetros característicos de la forma de la cuenca, pendiente del cauce principal. Introducción al uso de sistemas de información geográfica aplicados a la fisiografía de una cuenca.

##### **Trabajo N° 2:** Procesamiento de los datos de precipitación.

Precipitación media sobre el área de la cuenca (distintas metodologías), estimación de datos faltantes, verificación y ajuste de datos anuales (análisis de doble masa), curvas  $h_p - A - d$  (altura de precipitación – área – duración). Ejemplo de conformación y gestión de bases de datos de precipitaciones diarias.

##### **Trabajo N° 3:** Evaluación de infiltración, evapotranspiración y balance hídrico.

Curva de capacidad de infiltración real por método gráfico, evapotranspiración potencial mensual y anual, balance hídrico según el método de Thornthwaite, obtención y lectura de datos climatológicos de la estación de capacitación.

##### **Trabajo N° 4:** Procesamiento de la información hidrométrica.

Caudal en la desembocadura de la cuenca según el método de los cinco puntos y el de la profundidad total, cálculo de caudal según el método de doble integral, trazado de la curva de descarga H-Q según los métodos de Stevens y Logarítmico.

##### **Trabajo N° 5:** Métodos estadísticos en Hidrología.

Ajuste de variables hidrológicas con curva de distribución Normal, Ven Te Chow, Gumbel y log Pearson III, test de bondad de ajuste. Modelos estadísticos de uso común en hidrología.

##### **Trabajo N° 6:** Determinación del Hidrograma unitario y aplicación de hidrogramas unitarios sintéticos.

Tiempo unitario, volumen total precipitado, volumen total de escurrimiento directo, lluvia inicial, tasa de infiltración media, altura de precipitación neta, transformación del hidrograma observado en HU, verificación del HU. HU sintético según los métodos del SCS y de Snyder.

##### **Trabajo N° 7:** Propagación de crecidas en ríos y embalses.

Propagación de crecidas en ríos por el método de Muskingum (almacenamiento en el tramo, definición de  $\Delta t$ , cálculo de X y K, verificación del método). Propagación de crecidas en embalses por el método de Puls. Hidrograma unitario por el método de Clark.

##### **Trabajo N° 8:** Modelo matemático de simulación de eventos.

Transformación precipitación – escorrentía a través de un modelo matemático de simulación. Revisión de modelos de distintas fuentes (software de uso libre y comerciales). Distintas aplicaciones. Ventajas y desventajas.

##### **Trabajo N° 9:** Diseño de desagües pluviales urbanos.

Recopilación de información básica, hechos existentes, catastro y urbanización, cuenca de aporte y red de escurrimiento superficial, ocupación del suelo y coeficientes de escorrentía, cálculo de caudales por micro-



cuencas, dimensionamiento hidráulico de los distintos componentes de sistemas de desagües pluviales urbanos.

**Trabajo N° 10:** Hidrología agrícola: determinación de la necesidad de agua y selección del método de riego apropiado.

Inventario de recursos. Recopilación y cálculo de necesidades de agua del cultivo a regar. Elección del sistema de riego. Cálculo del proyecto hidrológico/hidráulico según la necesidad y el método de riego seleccionado.

**Trabajo N° 11:** Aplicación de los criterios básicos para un plan de saneamiento hídrico agropecuario.

Recopilación de información. Determinación del área de aporte o de influencia en la zona con problemas. Definición de los valores evapotranspiración, almacenamiento de agua en el perfil del suelo, precipitación, coeficiente de saneamiento y demás parámetros de la evaluación hidrológica. Evaluación hidrológica a paso mensual, en la situación natural y con la obra planteada, para la alternativa de inundación elegida. Uso de sistemas de información geográfica en proyectos de saneamiento hídrico agropecuario.

### **3. BIBLIOGRAFÍA**

#### **3.1 BIBLIOGRAFÍA BÁSICA**

- VEN TE CHOW, MAIDMENT y MAYS (1994); "Hidrología Aplicada", Editorial McGraw-Hill, Bogotá (Colombia).
- LINSLEY, KHOLER y PAULUS (1982); "Hidrología para Ingenieros", Editorial McGraw-hill, Bogotá (Colombia).
- ISRAELSEN Y HANSEN (1965); "Principios y Aplicaciones del Riego"; Editorial Reverté S.A..
- TUCCI (1997); "Hidrología: Ciencia e Aplicação"; Editora de la UFRGS, Porto Alegre (Brasil).

#### **3.2. BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA**

- REMENIERAS (1971); "Tratado de Hidrología Aplicada"; Editorial Omega, Barcelona (España).
- HERAS (1978); "Manual de Hidrología", Editorial del CEDEX, Madrid (España).
- CUSTODIO y LLAMAS (1978); "Hidrología Subterránea"; Editorial Omega, Barcelona (España).
- TUCCI (1995); "Drenagem Urbana"; Editora de la UFRGS, Porto Alegre (Brasil).
- TUCCI (1998); "Modelos Hidrológicos"; Editora de la UFRGS, Porto Alegre (Brasil).
- POIREE y OLLIER (1968); "Saneamiento Agrícola".
- LUQUE (1981); "Hidrología Agrícola Aplicada"; Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires (Argentina).
- ILRI (1977); "Principios y Aplicaciones del Drenaje"; Wageningen (Holanda).
- LUQUE (1982); "Administración y manejo de sistemas y distritos de riego".
- VEN TE CHOW (1982); "Hidráulica de Canales Abiertos"; Editorial Diana S.A.
- JOSEF D. ZIMMERMAN (1985); "El Riego"; Editorial CECSA (México).
- ORSOLINI, ZIMMERMANN, BASILE (2000); "Hidrología: Procesos y Métodos", UNR Editora.

### **4. METODOLOGIA DE ENSEÑANZA**

El dictado de los contenidos expresados en el programa analítico se ha organizado en una distribución que comprende clases teórico-prácticas, clases de trabajos prácticos y trabajos de campo con aplicación de instrumental específico. El espacio de tiempo asignado a cada una de las instancias de enseñanza ha sido pensado para el adecuado desarrollo del régimen promocional de la materia, según lo establece el Plan de Estudio de la Carrera de Ingeniería Civil año 1998.

Las **clases teórico-prácticas** están estructuradas sobre la base de una presentación de conceptos, definiciones y métodos de análisis y evaluación utilizando transparencias, proyección de diapositivas, material fotográfico y presentaciones multimediales de diversos aspectos de los procesos hidrológicos, con aplicaciones puntuales de uso de pizarrón para los temas – ejemplos que resulten planteados por el profesor, vinculando los aspectos teóricos con ejemplificaciones de casos regionales. Se incentivará la participación del alumno con mayor énfasis sobre los aspectos conceptuales de la Hidrología, utilizando el planteo interrogativo de los temas que se presenten, de modo de generar en forma natural el proceso de cuestionamiento que todo individuo posee ante la incorporación de nuevos conocimientos. La incertidumbre que rodea al conocimiento preciso de las relaciones funcionales que vinculan los distintos componentes del ciclo hidrológico, como ocurre con los recursos naturales en general, crean un campo propicio para promover el espíritu de análisis e investigación en el



alumno. Con el dictado de cada una de las unidades temáticas, le será entregado a los alumnos una referencia de lecturas adicionales o complementarias al tema dictado, cuyo acceso estará organizado con copias existentes en la Biblioteca del Departamento de Hidráulica, o con el envío de los archivos respectivos a la dirección de correo electrónico que cada alumno deje indicada al iniciar el ciclo lectivo. Los temas contenidos en las lecturas adicionales serán analizados por los mismos alumnos en clases posteriores a su entrega.

El **dictado de los trabajos prácticos** está pensado para una actividad grupal de los alumnos, por lo cual cada clase tendrá desde su inicio una guía del trabajo práctico a desarrollar, mas un conjunto de datos en diversos formatos (planos, tablas de coeficientes, bases de datos de precipitación, software específico para aplicación), de modo que con la orientación de los docentes a cargo de su dictado se promueva durante la ejecución, un análisis y discusión de los procedimientos propuestos para la resolución. La carga horaria prevista en los trabajos prácticos dará lugar a que los grupos de ejecución consigan un avance importante en el lapso de duración de la clase, completando la realización para la entrega en actividades extra-áulicas de cada grupo. El Departamento de Hidráulica de la Facultad dispone de espacio de laboratorio de modo tal que los grupos pueden acceder, por turnos, al uso del instrumental específico que comprende cada trabajo práctico, por ejemplo: planímetro, curvímetro, tableta digitalizadora, computadora con programas de diseño gráfico, estación meteorológica automática con conexión a PC.

Para la realización completa de cada trabajo práctico los grupos de alumnos contarán con la asistencia de un docente de la cátedra afectado al grupo, que atenderá consultas durante la ejecución en horarios establecidos al inicio del cuatrimestre.

Los **trabajos de campo** con utilización de instrumental y métodos específicos para determinaciones hidrológicas serán realizados en grupos con el mismo criterio que el aplicado para la ejecución de los trabajos prácticos, y comprenderán actividades en la Estación Meteorológica de Capacitación que posee el Departamento de Hidráulica de la Facultad, como asimismo en secciones de aforo para la determinación de caudal en : canales artificiales (Ejemplo: Canal colector de la zona sur de Resistencia ubicado en la Avenida Soberanía Nacional ) y en cauces naturales (Ejemplo: Río Negro aguas debajo de la obra de descarga del Complejo Laguna Blanca). En dichas actividades participarán todos los docentes que integran la cátedra.

La encuesta que la Facultad de Ingeniería tiene institucionalizada a los alumnos al finalizar el cuatrimestre, será considerada como un insumo de modo que la cátedra disponga de una opinión de conjunto sobre los aspectos didácticos y procedimentales utilizados durante el dictado. Esto permitirá analizar, en reuniones con los docentes de la cátedra las fortalezas y debilidades del esquema adoptado para la enseñanza, realizando las modificaciones que resulten convenientes a la luz de los indicadores provistos por esa información.

## 5. EVALUACIÓN

Para evaluar el proceso de aprendizaje del alumno, dado el carácter promocional impulsado por el Plan de Estudios de la carrera de Ingeniería Civil año 1998, se han previsto tres instancias:

- 1) Asistencia mínima de un 75 % a las clases de Trabajos Prácticos;
- 2) Aprobación de la totalidad de trabajos prácticos que establece el programa analítico, por grupos, comprendiendo la misma la presentación en papel de los métodos de resolución aplicados correctamente incluyendo informe técnico caratulado y con los anexos de planillas, gráficos, cuadros, corridas de modelos computacionales y planos que correspondan, y aprobación de un coloquio grupal de cada trabajo práctico con el docente a cargo del grupo.
- 3) Aprobación de tres (3) exámenes parciales teórico-prácticos a rendir durante el curso, en forma escrita, en fechas que se determinarán al inicio de cada ciclo lectivo con la presentación del cronograma de actividades de la cátedra. El tenor de los exámenes parciales tendrá como objetivo una evaluación de los conocimientos del alumno en el conjunto de elementos teórico-prácticos que comprende la Hidrología, reduciendo al mínimo los procesos de cálculo que insumen mucho tiempo y colocando el énfasis en los conceptos y su aplicación correcta en problemas específicos. Para la **promoción** de cada examen parcial el alumno deberá alcanzar una valoración mínima del 70 % de las cuestiones planteadas en el examen, de modo de cumplir con los requisitos que esta cátedra establece para el régimen promocional. Para mantener la condición de **alumno regular** de la materia, en cada examen parcial el alumno deberá obtener una valoración mínima que cubra el 40 % de lo solicitado. Según establece la normativa de la Facultad, los alumnos dispondrán de dos (2) instancias recuperatorias para aquellos que no hayan alcanzado en alguno de los exámenes parciales la calificación requerida para promo-



*Universidad Nacional del Nordeste*  
*Facultad de Ingeniería*

*"Donar Organos es Donar Esperanzas"*

cionar o regularizar, coincidiendo dichas fechas con los dos (2) turnos de exámenes finales del calendario académico inmediatos a la finalización del cuatrimestre.

Los alumnos que cumplan satisfactoriamente los tres (3) puntos señalados arriba, habiendo **promocionado** los tres parciales teórico-prácticos, tendrán APROBADA la materia HIDROLOGÍA. Los alumnos que no hayan promocionado los tres parciales y que cumplan los puntos 1) y 2) alcanzarán la condición de alumno REGULAR de la materia HIDROLOGÍA siempre que hayan obtenido en los tres (3) parciales la valoración mínima requerida al efecto, en cuyo caso estarán en condiciones de rendir el EXAMEN FINAL en dicho carácter en los turnos previstos en el Calendario Académico de la Facultad.