

 <p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA</b> Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales República Argentina</p>	Programa de:  <h2 style="text-align: center;">PLANIFICACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS Y RIEGO</h2> Código:	
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA MENCIÓN EN RECURSOS HÍDRICOS	Plan: Carga Horaria: Semestre: Carácter: <i>Obligatoria</i> Bloque:	Puntos: Hs. Semanales: Año:
Objetivos: Capacitar en los procesos de planificación hídrica. Identificar las necesidades de estudios básicos para la planificación hídrica. Adiestrar en el uso de instrumentos para la planificación de los recursos hídricos. Capacitar en las técnicas para la toma de decisión y análisis posterior. Internalizar la problemática de los recursos hídricos en los procesos de toma de decisión, en políticas y técnicas de prevención. Completar los conocimientos del estudiante relacionados a los sistemas de riego y a la determinación de la Evapotranspiración del cultivo. Transmitir al estudiante el concepto de la valoración económica del agua y el efecto de la tarifa de la energía eléctrica sobre el coste del agua.		
Programa Sintético  1. <i>Introducción a la Planificación Hídrica.</i> 2. <i>Estudio de la planificación. Administración de los datos. Datos físicos. Datos socioeconómicos.</i> 3. <i>Modelos de recursos hídricos.</i> 4. <i>Formulación y Evaluación de alternativas. Ejecución y Análisis posterior.</i> 5. <i>Conceptos Básicos de Planificación y Economía de los Recursos</i> 6. <i>Elementos de la Formulación y Evaluación de Proyectos</i> 7. <i>Identificación y Evaluación de Proyectos Preliminares. Planes Regionales</i> 8. <i>Análisis Económicos y Análisis Financiero. Precio para el Análisis Económico y Financiero</i> 9. <i>Análisis de Riesgo e Incertidumbre y otros estudios que involucran probabilidades</i> 10. <i>Modelos Matemáticos para el desarrollo de planificación de alternativas y Modelos para Optimización. Programas de Administración de Planificación</i> 11. <i>Riego. El agua en la planta.</i> 12. <i>Red de riego y sistemas de distribución Obras externas e internas a la red de riego y saneamiento agrícola.</i> 13. <i>Evapotranspiración.</i> 14. <i>El concepto económico del agua y el cálculo del valor del agua como coste y los recursos hídricos superficiales.</i> 15. <i>Estructura y calculo del coste de obtención del agua El valor del agua en función de la productividad.</i> 16. <i>Valor del agua de riego mediante la estimación de la inversión para el ahorro.</i> 17. <i>El valor del agua de riego como coste de oportunidad medioambiental.</i>		
Programa Analítico: de foja 2 a foja 5.		
Programa Combinado de Examen (si corresponde): de foja    a foja    .		
Bibliografía: foja 5.		
Correlativas Obligatorias: Correlativas Aconsejadas:		
Rige:		
Aprobado HCD, Res.: Fecha:		Modificado / Anulado / Sust. HCD Res.: Fecha:
El Secretario Académico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (UNC) certifica que el programa está aprobado por el (los) número(s) y fecha(s) que anteceden. Córdoba,    /    /    .		
Carece de validez sin la certificación de la Secretaría Académica.		

## **PROGRAMA ANALÍTICO**

### **Unidad I – Introducción a la Planificación de los Recursos**

Introducción a la Planificación. Antecedentes históricos. Modelo de planificación. Limitaciones de la planificación. Tendencias recientes. Descripción de la planificación de los recursos hídricos. Los planificadores. Propósito de la Planificación de los Recursos Hídricos.

### **Unidad II – Estudio de la Planificación de los Recursos – Administración de datos. Datos Físicos y Datos Socioeconómicos**

Estudio de la planificación. Metas y objetivos. Organización del estudio de la planificación. Administración del estudio de la planificación. Presupuesto para planificación. Administración de los datos. Introducción. Etapas. Economía. Datos físicos. Geología. Recursos del suelo. Aguas subterráneas. Geografía física. Meteorología. Hidrología superficial. Calidad del agua. Medio ambiente. Datos socioeconómicos. Análisis institucional. Datos demográficos. Datos económicos. Datos financieros. Datos legales. Datos sociales.

### **Unidad III – Modelos de Recursos Hídricos**

Modelos de recursos hídricos. Modelos hidrológicos. Modelos hidráulicos. Modelos de agua subterránea. Modelos generales de simulación. Modelos de optimización.

### **Unidad IV – Formulación y Evaluación de Alternativas. Ejecución y Análisis Posterior**

Formulación de alternativas. Principios generales. Alternativas para los estudios de políticas, de apoyo y evaluación general. Alternativas en el abastecimiento de agua. Alternativas en el control de crecidas. Alternativas en energía hidroeléctrica. Embalses de uso múltiple. Navegación. Calidad de agua. Peces y fauna silvestre. Recreación. Evaluación de alternativas. Introducción. Teoría de la evaluación. Práctica de la evaluación. Evaluación de políticas. Evaluación de las funciones de los recursos hídricos. Ejecución del plan. Significado de ejecución. Participación del público. Informes escritos. Fracaso de los planes. Éxito de los planes. Análisis posterior. Introducción. Proceso de análisis. Casos de estudio.

### **Unidad V – Conceptos Básicos de Planificación y Economía de los Recursos**

Área de planificación. Programas de Planificación. Principios Generales del Análisis de Proyecto. Análisis económico y financiero. Costos anuales y de inversión. Relaciones entre el precio y la demanda. Tasa de interés. Planificación Multiobjetivo. Aproximación a la Formulación de Proyectos. Análisis y orden de los proyectos multiobjetivos. Curvas de indiferencia. Diferencia entre políticas del sector privado y público. Cálculo de la tasa de descuento.

### **Unidad VI – Elementos de la Formulación y Evaluación de Proyectos**

Secuencia de estudio para un proyecto de ingeniería. Formulación de un proyecto de ingeniería. Estudios Regionales. Otros tipos de estudios. Evaluación de proyectos. Consideraciones para la Evaluación de proyectos privados. Evaluación de proyectos en Países en Desarrollo. Tendencias recientes en la Evaluación de Proyectos.

Datos para estudios demográficos. Proyecciones de Población. Proyecciones Económico-demográficos. Recursos Hídricos: necesidades para el suministro de agua. Conservación del Agua y otras alternativas no estructurales. Elasticidad del precio de la demanda de agua. Relación entre Agua y Energía.

### **Unidad VII – Identificación y Evaluación de Proyectos Preliminares. Planes Regionales**

Técnica Screening. Mapeo de Restricciones. Screening basado en Consideraciones ingenieriles. Screening que incluyen consideraciones de Propósitos y Objetivos Múltiples. Revisión y ajuste de los datos de base para la Comparación Preliminar de Alternativas. Revisión y Ajuste de datos para el Plan Maestro. Rol de las consideraciones Ambientales en Planes de Recurso Hídrico y los relacionados con Uso del Suelos. Tipos de Impacto Ambiental y su relación con la tierra y el agua. Salud Pública y aspectos relacionados con la planificación de los recursos hídricos. Métodos para prevenir o mitigar los impactos adversos del desarrollo del recurso. Screening Ambiental para proyectos de Reservorios.

Definición de Plan Maestro. Planes para Cuencas de Ríos. Plan Maestro de proyectos para Suministro de agua Municipal. Proyectos multipropósitos. Planes de Manejo de la Calidad de Agua Regional. Propósitos y

beneficios de la participación Pública. Requerimientos de Participación Pública. Factores que contribuyen a una participación pública efectiva.

### **Unidad VIII– Análisis Económicos y Análisis Financiero. Precios para el Análisis Económico y Financiero**

Evaluación Beneficio – Costo. Análisis Económico de una planta hidroeléctrica. Análisis Económico de Suministro de Agua Municipal. Análisis Económico de Sistemas de Riego. Análisis Económico de Control de inundaciones. Análisis Económico de Manejo de la Calidad de Agua. Tasa de Retorno. Análisis de Riesgo. Efectos de la Inflación. Análisis económico de proyectos multipropósitos. Componentes de un análisis financiero. Análisis Financiero de Sistemas de Riego. Análisis Financiero de Control de inundaciones. Análisis Financiero Planes de Manejo de la Calidad de Agua. Análisis Financiero de proyectos Multipropósitos. Asignación de Costo y Subsidios.

Base de los costos para el Análisis Financiero. Componentes de un proyecto de construcción. Costos Anuales. Base de los costos y beneficios para el Análisis Económico. Conceptos generales de las mediciones de los beneficios. Economías externas y deseconomías. Precios sombras. Costos de Infraestructura.

### **Unidad IX– Análisis de Riesgo e Incertidumbre y otros estudios que involucran probabilidades**

Riesgo e Incertidumbre. Series de flujo. Duración y frecuencia de los análisis. Probabilidades. Caudales de diseño de ataguía y vertederos. Riesgo de catástrofes. Falla de presas. Análisis de Riesgo usando la simulación Monte Carlo y Distribución Triangular. Análisis de sensibilidad

### **Unidad X– Modelos Matemáticos para el desarrollo de planificación de alternativas y Modelos para Optimización. Programas de Administración de Planificación.**

Análisis de sistemas. Optimización. Principios de operación de reservorios. Aproximaciones al empleo de análisis de series estocásticas. Aplicación de las simulaciones de sistemas de reservorios. Aplicación del análisis de sistemas en los estudios de Calidad de Agua. Técnicas de programación matemática. Técnicas de simulación. Técnicas para objetivos que no son cuantificables en términos monetarios. Teoría de multicriterios y multi-atributos.

Esquemas de servicios de planificación. Análisis de redes (CPM y PERT). Costos de estudios típicos.

### **Unidad XI – Riego. El agua en la planta.**

Reseña histórica de los cultivos bajo riego. Aspectos multidisciplinarios del proyecto y la práctica de los cultivos bajo riego. Pluviosidad y agricultura. Cultivos de secano. Índices de Aridez. Necesidad e importancia del aporte artificial de agua a los suelos. Formas de obtenerla. El Ciclo Hidrológico desde el punto de vista agrícola. Estudio, clasificación y evaluación de los suelos agrícolas. Agua inmóvil: en el interior del cristal, adsorbida, de los contactos, higroscópica, de hinchazón. Agua de movilidad restringida. Capilaridad. Agua móvil gravitacional. Grados notables de la humedad en el suelo. PF. Ósmosis. Accesibilidad del agua en el suelo por los vegetales.

Consumo de agua por las plantas. Evapotranspiración. Ecuaciones de Blaney y Criddle, de Thornthwaite y de Turc. Uso consuntivo. Déficit pluviométrico y déficit agrícola. Formas de combatir el déficit agrícola. Necesidad de los riegos. Uso conjunto de las aguas superficiales y subterráneas. Efectos secundarios de los riegos. Clasificación general de los riegos.

### **Unidad XII Red de riego y sistemas de distribución. Obras externas e internas a la red de riego y saneamiento agrícola.**

Perímetro dominado, regable y regado. Red a gravedad y a presión. Servicio combinado. Elementos de base para el estudio de un proyecto de riego. Características prácticas del riego. Dosis, módulo, unidad parcelaria, sección de riego, duración del riego. Organización y distribución del riego. Sistemas de distribución del riego. Clasificación. Riegos a gravedad y a presión. Fundamentos y descripción general de los riegos por desborde, infiltración, inundación, aspersion y goteo. Subdivisiones de los mismos. Ventajas y desventajas de cada uno. Ejemplos y aplicaciones.

Descripción de las obras de toma: a) superficiales con aguas claras; libres, con presas e intermitentes; b) subterráneas con presas, a galerías filtrantes, con pozos, de manantiales; c) superficiales con aguas con material de arrastre y en suspensión, relación de toma, efecto Bulle, experiencias de Dancy, influencia de la

curvatura. Desarenadores. Ubicación ideal de las obras de toma. Obras internas de la red de riego. Descripción general, utilidades y ubicación de las mismas. Canales primarios, secundarios, terciarios; partidos; obras de alivio; sifones invertidos; túneles; acueductos; saltos y rápidas. Obras de toma y conducciones a presión baja, media y alta. Depósitos de riego. Otras. Ventajas y desventajas. La red de drenaje o saneamiento. Drenes a cielo abierto y enterrados; colectores; emisarios; receptores. Obras complementarias. Separación de zanjas y drenes.

### **Unidad XIII – Evapotranspiración**

Evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>). Ecuación de FAO Penman-Monteith. Datos meteorológicos. Determinación de ET<sub>o</sub>. Evapotranspiración del cultivo en condiciones estándar. Introducción a la evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>). ET<sub>c</sub> – coeficiente único del cultivo (K<sub>c</sub>). ET<sub>c</sub> – coeficiente dual del cultivo (K<sub>c</sub> = K<sub>cb</sub> + K<sub>e</sub>). Evapotranspiración del cultivo en condiciones no-estándar. ET<sub>c</sub> bajo condiciones de estrés hídrico. ET<sub>c</sub> para vegetación natural, atípica y subóptima. ET<sub>c</sub> bajo distintas prácticas de manejo. ET<sub>c</sub> fuera de la temporada productiva. Bases físicas de los parámetros usados en el cálculo de la evapotranspiración. Análisis estadístico de los datos climáticos. Medida y determinación de la integridad de los datos. Meteorológicos. Corrección de datos climáticos obtenidos en estaciones no-referenciales para calcular ET<sub>o</sub>. Cálculo de K<sub>c</sub> para el estado inicial de los cultivos anuales

### **Unidad XIV – El concepto económico del agua y el cálculo del valor del agua como coste y los recursos hídricos superficiales**

Evolución del concepto económico del agua de. Representación esquemática de la evolución del agua. Algunos datos estadísticos de la evolución del consumo de agua y de los regadíos. Aplicaciones de la valoración del agua de riego. El precio de coste. Estructura y cálculo del coste de obtención del agua superficial. Amortización y mantenimiento de las instalaciones del agua superficial. Costes variables. Algunos casos prácticos del cálculo del coste de obtención y distribución del agua superficial. Ingresos y gastos en las comunidades de regantes. El efecto de la tarifa de la energía eléctrica sobre el coste del agua. El valor del agua de riego superficial a partir de la evaluación de inversiones en obra pública. Caso práctico de cálculo del valor del agua superficial para riego a partir de la evaluación de inversiones considerando las instalaciones de riego. Coste y tarifa.

### **Unidad XV – Estructura y calculo del coste de obtención del agua. El valor del agua en función de la productividad**

Introducción. Componentes del coste de obtención del agua subterránea. Cálculo del coste total de establecimiento de una extracción de agua subterránea para riego a partir de presupuestos reales. La evolución de la profundidad de los acuíferos. El coste de las instalaciones del grupo de elevación. Costes de funcionamiento (cálculo teórico). Cálculo del coste del agua de riego como inversión. Cotización de las acciones y participaciones en empresas asociativas de riego. Casos particulares. Coste del agua elevada en diversos cultivos de Arizona. Estructura y evolución del coste del agua de riego en empresas asociativas. Estructura y evolución del coste del agua de riego en empresas asociativas: análisis individualizado. Trabajos que ofrecen información sobre estructuras de costes.

Introducción. Estructura del coste de desalación. Estimación del coste total de desalación. Criterios de empleo del agua reutilizada. Estructura del coste de agua reutilizada. Algunos casos reales del coste de agua reutilizada en España. Valoración del agua reutilizada. El valor del agua de riego como coste marginal. Valor subjetivo y valor objetivo en la valoración del agua de riego. Valor subjetivo del agua de riego partiendo de las funciones de producción. Valor subjetivo del agua de riego en función de la dosis de agua empleada. Valor subjetivo del agua de riego como coste marginal en una función de rendimiento. Cálculo del valor de agua de riego a partir de la productividad media. Valor subjetivo del agua en cultivos de secano y en cultivos de regadío mediante el uso de la productividad media. Valor subjetivo del agua de riego en función de los cultivos. Valor del agua de riego como una variable estocástica. Valor subjetivo del agua de riego considerando factores ligados, El caso de la fertirrigación. Valoración de daños por inundación.

### **Unidad XVI – Valor del agua de riego mediante la estimación de la inversión para el ahorro.**

El ahorro del agua de riego, Su coste. Eficiencia de los sistemas de riego. Utilización de los sistemas de riego en distintos países. Datos teóricos y contrastaciones empíricas sobre el ahorro del agua. Eficiencia de los

distintos sistemas de riego mediante datos de una empresa asociativa para riego. Valor subjetivo del agua de riego en función del sistema de riego. Hipótesis de la igualdad de rendimiento-calidad de la cosecha. Hipótesis de la igualdad de la estructura de otros costes de cultivo. Valor subjetivo del agua de riego en función del ahorro y del coste de capital. Hipótesis del coste constante de la inversión en riego localizado. Estudios empíricos del coste de la inversión en riego localizado. Umbral de sustituibilidad.

### **Unidad XVII – El valor del agua de riego como coste de oportunidad medioambiental**

El agua como recurso natural. Métodos de valoración de los recursos naturales aplicados al agua. Métodos de valoración contingente. Método del coste del viaje. Método de las variables hedónicas. Otros métodos.

### **BIBLIOGRAFIA**

- Allen, Richard G., Pereira, Luis S., Raes, Dirk, Smith, Martin. (2006) "*Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*". Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
- Barbero, A. J.; Ceilp (1982) "*Teorías sobre el drenaje de tierras agrícolas*".
- Caballer, V. Guadalajara, N. (2007) *Valoración económica del agua de riego*. ISBN: 84-7114-729-7. Editorial Mundi-Prensa
- Gillet, Billy. E. (1976) "Introduction to Operations Research". Mc. Graw Hill, New York.
- Goodman, Alvin. (1984). "Principles of Water Resources Planning". Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs. New Jersey.
- Helweg, Otto. J. (1992), "Recursos Hidráulicos. Planeación y Administración", Editorial Limusa S.A. Grupo Noriega Editores. México.
- J. L. de Paco Lopez, J. L.; Sánchez (1992) "*Fundamentos del cálculo hidráulico en los sistemas de riego y drenaje*"; Ediciones Mundi Prensa; Madrid.
- Luthin, J. N.; Krieger; (1988). "*Drainage Engineering*"; Nueva York.
- M. Poiree y Ch. Ollier;(1990) "*Saneamiento Agrícola*"; E.T.A.; Barcelona.
- Tschapek, M.W. (1978). "*El agua en el suelo*"; INTA.; Buenos Aires.