

Universidad de Costa Rica  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería de Biosistemas

**IB-0014 DISEÑO DE SISTEMAS DE DRENAJE Y AGUAS  
SUBTERRÁNEAS**

Carta al estudiante (II ciclo 2018)

**1. Información general**

Ciclo en programa de estudios: Cuarto

Número de créditos: 3

Requisitos: IB-0013 Hidrología Aplicada, IB-0008: Edafología y Mecánica de suelos

Correquisitos: IB-0015 Diseño de Sistemas de Riego I.

Tiempo de dedicación semanal:

|                       |        |            |          |            |        |            |
|-----------------------|--------|------------|----------|------------|--------|------------|
| Horas en el aula:     | teoría | <u>1.5</u> | práctica | <u>1.5</u> | diseño | <u>2</u>   |
| Horas fuera de clase: | teoría | <u>0.5</u> | práctica | <u>2.5</u> | diseño | <u>2.0</u> |

Horario: Lunes 15:00-17:50 y Miércoles 15:00-16:50

Profesores:

Marvin Coto Hernández, e-mail: [mcotoh@gmail.com](mailto:mcotoh@gmail.com) Celular: 87143983

Alejandra Rojas González email: [alejandra.rojasgonzalez@ucr.ac.cr](mailto:alejandra.rojasgonzalez@ucr.ac.cr) Tel: 2511-5395, Oficina: AA2-648

Fecha de la última revisión: 8 de agosto, 2018

**2. Justificación del curso**

Las plantas requieren condiciones de suelo favorables para mantener una producción óptima. Uno de los elementos fundamentales del suelo es el contenido de agua, el cual debe ser tal que permita un equilibrio con el contenido de aire que dé a las plantas las condiciones adecuadas. Los excesos de agua superficial o subterránea, originada por condiciones climáticas o por efecto del riego en áreas agrícolas, generan la necesidad de establecer sistemas de drenaje que permitan controlar y regular los excesos que afectan la rentabilidad de los proyectos agrícolas. El curso incluye el estudio de aguas subterráneas, los sistemas de control para eliminar el alto nivel freático, los conceptos básicos de hidrología subterránea para el diseño de pozos de agua, ya sea con fines de drenaje o con fines de extracción de agua del subsuelo y el drenaje de agua superficial.

El curso introducirá a los estudiantes en los conceptos de drenaje de terrenos con fines agrícolas. También desarrolla conceptos de estudios básicos requeridos, así como la descripción de los tres tipos básicos de problemas de drenaje agrícola y las herramientas de otras disciplinas necesarias para estudiar el problema de drenaje agrícola y su resolución. El drenaje es un subsistema del sistema de producción agrícola que interactúa con éste y viceversa, es por ello necesario conocer los impactos del drenaje en el sistema, incluidos los impactos ambientales y financieros. En el curso el estudiante será capaz de aplicar conceptos de hidrología de aguas subterráneas en el desarrollo de estudios básicos para investigaciones de drenaje subterráneo, diseño de sistemas de drenaje y diseño de pozos de aguas subterráneas. Así mismo se estará utilizando la plataforma de Mediación Virtual para colocar los materiales del curso, presentar tareas, visualizar contenidos multimedia, mantener la

comunicación con los estudiantes mediante un foro de consultas y desarrollar temas de interés.

### 3. Objetivos

#### Objetivo general:

Proporcionar a los estudiantes un conocimiento profundo de los principios físicos y agrícolas de drenaje y presentar los principales aspectos del diseño, construcción y mantenimiento de los sistemas de drenaje, desarrollando el concepto de que el drenaje es un subsistema del sistema de producción agrícola que afecta y es afectado por otros subsistemas como el medio ambiente y el sistema financiero de la actividad productiva.

#### Objetivos específicos

- a. Desarrollar los conceptos que gobiernan el flujo en medio poroso y aguas subterráneas para conocer su dinámica.
- b. Desarrollar los conceptos y diseño de una red de pozos de aguas subterráneas.
- c. Desarrollar conceptos de estudios básicos requeridos con fines de drenaje agrícola, así como la descripción de los tres tipos básicos de problemas de drenaje agrícola.
- d. Estudiar y aplicar las herramientas necesarias para resolver el problema de drenaje agrícola.
- e. Conocer los impactos del drenaje en el sistema productivo, incluidos los impactos ambientales y financieros.
- f. Diseñar sistemas de drenaje agrícola.

### 4. Contenido del curso y cronograma

El contenido del curso se ha distribuido por temas. Las semanas establecidas para el desarrollo de cada uno de los temas es tentativa y podría variar conforme con el avance del curso. Dada la diversidad de temas, será necesario estudiar en varios libros que se recomendarán al estudiante y que se hallen disponibles en la biblioteca o con el profesor.

| Semana<br>(fecha)                | Tema  | Actividades  |
|----------------------------------|---|--|
| Semana 1<br>13 de agosto<br>2018 | <b>1. TEMA 1: EL DRENAJE COMO UN SUBSISTEMA DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA.</b><br>1.1. Impacto social, ambiental y financieros del drenaje.<br>1.2. El drenaje y la red de caminos como un subsistema. Investigaciones de drenaje, y otras disciplinas relacionadas.<br>1.3. Factibilidad financiera de la inversión en drenaje y períodos de retorno de análisis y diseño.  | Presentación del Programa de curso.<br>Clase Magistral |
| Semana 2<br>20 de agosto<br>2018 | <b>2. TEMA 2: CLASIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS DE DRENAJE: SUPERFICIAL, SUBTERRÁNEO Y CONTROL DE INUNDACIONES.</b><br>2.1 Los problemas de drenaje se clasifican según su origen en: a) superficiales, debido a deficiencias del terreno en evacuar el agua que le cae en la superficie por efecto de la lluvia, b) subterráneos: debido a elevados niveles de aguas subterráneas que impiden el crecimiento radicular, c) control de inundaciones: | Clase Magistral<br>Caso de estudio                     |

| Semana (fecha)                             | Tema   | Actividades                                      |
|--|--|--|
|  | las cuales ocurren por desbordamiento de cauces que sumergen terrenos agrícolas provocando severos daños.  |  |
| Semana 2<br>22 de agosto<br>2018           | <b>3. TEMA 3: PRINCIPIOS Y PROPIEDADES DE LOS ACUÍFEROS</b><br>3.1. Porosidad, rendimiento específico, conductividad hidráulica, permeabilidad.  | Clase Magistral<br>Ejercicio de clase.           |
| Semana 3<br>27 - 31 de agosto 2018         | <b>3. TEMA 3: PRINCIPIOS Y PROPIEDADES DE LOS ACUÍFEROS</b><br>3.2 Heterogeneidad y anisotropía<br>3.3 Zonas: Nivel freático, zona saturada y no saturada<br>3.4 Tipos y Características de los acuíferos: transmisibilidad, coeficiente de almacenamiento.  | Clase Magistral<br>Ejercicio de clase.           |
| Semana 4<br>03-09 de setiembre 2018        | <b>4. TEMA 4: ECUACIONES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS: ESTÁTICAS Y DINÁMICAS</b><br>4.1 Acuíferos confinados y no confinados<br>4.2 Líneas de flujo y niveles potenciométricos<br>4.3 Conceptos de dinámica de aguas subterráneas   | Clase Magistral<br>Ejercicio de clase<br>Tarea 1 |
| Semana 5 y 6<br>10-16 y 17-23 de setiembre | <b>5. TEMA 5: FLUJO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS A POZOS</b><br>5.1. Hidráulica de pozos de aguas subterráneas.<br>5.2. Uso de pozos para control de nivel freático y para extracción de agua.<br>5.3. Variables que controlan el comportamiento de los pozos. Abatimiento, bombeo intermitente para controlar el abatimiento.  | Clase Magistral<br>Ejercicio de clase            |
| Semana 7<br>24-30 de setiembre 2018        | <b>6. TEMA 6: BALANCES HÍDRICOS PARA ESTIMAR NECESIDADES DE DRENAJE.</b><br>6.1 El balance hídrico como herramienta para identificar el origen de los problemas de drenaje, tanto superficial como subterráneo.<br>6.2 Métodos de cálculo y estimación del balance hídrico   | Clase Magistral<br>Ejercicio de clase            |
| Semana 8<br>01-07 de octubre 2018          | <b>7 TEMA 7: ESTUDIOS BÁSICOS PARA ANALIZAR LOS TRES TIPOS DE PROBLEMAS: ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS, DE SUELOS, HIDROLÓGICOS, GEOLÓGICOS, DE AGUAS SUBTERRÁNEAS</b><br>7.1 Nivel de detalle de la información requerida, según sea un estudio de reconocimiento, factibilidad o diseño final.<br>7.2 Estudios básicos requeridos: hidrológicos, topográficos, de suelos, geológicos, de aguas subterráneas, etc.<br>7.3 Elaboración de mapas con la información básica y mapas resumen de los problemas de drenaje.<br>7.4 Nomenclatura de pozos de perforación y medición de nivel freático. Ordenamiento de la información. | Clase Magistral<br>Caso de estudio<br>Tarea 2    |
| Semana 9<br>08-14 de octubre 2018          | <b>8. TEMA 8: ESTIMACION DE COEFICIENTES UNITARIOS DE DRENAJE SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEO.</b><br>8.1 El método del USCS. Usos y aplicación, limitaciones.<br>8.2 El concepto de coeficiente unitario de drenaje.<br>8.3 Cálculo de los coeficientes unitarios de drenaje superficial y subterráneo a partir del método del USCS.  | Clase Magistral<br>Ejercicios de clase           |
| Semana 9                                   | Examen Parcial   | Examen   |

| Semana (fecha)                                     | Tema   | Actividades   |
|--|--|---|
| 08-14 de octubre 2018                              |  |   |
| Semana 10-11<br>15-21 y 22-28 de octubre 2018      | <b>9. TEMA 9: DISEÑO DE SISTEMAS DE DRENAJE SUPERFICIAL</b><br>9.1 Estrategias para resolver el déficit de capacidad de drenaje superficial del terreno.<br>9.2 Determinación de los caudales de diseño para la red de drenaje superficial y sus colectores.<br>9.3 Ejemplos de métodos de control y evacuación de aguas superficiales.<br>9.4 Factores a considerar en el diseño: taludes, caudal erosivo, etc. | Clase Magistral<br>Casos de estudio                         |
| Semana 12-13<br>29 de octubre al 11 noviembre 2018 | <b>10. TEMA 10: DISEÑO DE SISTEMAS DE DRENAJE SUBTERRÁNEO</b><br>10.1 Teoría de Hooghoudt sobre el flujo de agua subterránea hacia drenes.<br>10.2 Diseño de redes de drenaje subterráneo para control del nivel freático.   | Clase Magistral<br>Ejercicios de clase<br>Tarea 3           |
| Semana 14<br>12-18 de noviembre 2018               | <b>11. TEMA 11: METODOS DE CONSTRUCCIÓN, Y NECESIDADES DE MANTENIMIENTO</b><br>11.1 Sistemas constructivos empleados en la construcción de redes de canales de drenaje.<br>11.2 Métodos empleados en la conformación de terrenos para control de aguas superficiales.  | Gira a la zona del Caribe.<br>Sitio específico por definir. |
| Semana 15<br>19-25 de noviembre 2018               | <b>12. TEMA 12: IMPACTO DEL RIEGO SOBRE EL DRENAJE Y VICEVERSA</b><br>a. Interacción entre riego y drenaje. Problemas de drenaje que pueden ser ocasionados por el riego. Déficit de humedad del suelo ocasionado por el drenaje.<br>b. Métodos para utilizar la infraestructura de drenaje en riego y para controlar la humedad disponible para las plantas.  | Clase Magistral<br>Ejercicio de clase<br>Informe de Gira    |
| Semana 16<br>26-30 de noviembre 2018               | <b>13 TEMA 9 y 10: DISEÑO DE SISTEMAS DE DRENAJE</b><br>Desarrollo de diseño de un drenaje agrícola.   | Presentaciones de los proyectos de diseño                   |
| Semana 17<br>03 de diciembre 2018                  | Examen final   | Examen  |

## 5. Metodología del curso

El curso se desarrolla mediante clases magistrales, pero va asociado con 3 tareas que se asignarán a lo largo del curso para profundizar temas del curso con el fin de ampliar los conocimientos que el estudiante va desarrollando en las clases y mediante el estudio del material impartido.

Parte de la evaluación del curso se realizará con un examen a medio período y un examen final.

Se asignará un trabajo final, en el cual se asignará un porcentaje a los aspectos relacionados con su redacción. Este trabajo consistirá en el diseño de un sistema de drenaje agrícola.

La atención de las consultas de los estudiantes se realizará por medio del correo electrónico, donde las consultas serán atendidas conforme sean presentadas, además se dedicará el tiempo necesario el día lunes posterior a las lecciones.

Se realizará una gira de campo, inicialmente programada para el 03 de noviembre de 2018 a la Región Caribe, donde se visitará una finca donde se hayan implementado infraestructura de drenaje agrícola.

## 6. Evaluación

La evaluación del desempeño de los estudiantes se hará por medio de un examen de medio periodo y un examen final. Además de la presentación de las 3 tareas y del trabajo final de diseño de un sistema de drenaje agrícola.

El valor porcentual de cada evaluación será la siguiente:

| Actividad             | %          |
|-----------------------|------------|
| Tareas (5 % cada una) | 15         |
| Examen Parcial        | 20         |
| Examen final          | 25         |
| Informe de gira       | 10         |
| Proyecto de diseño    | 30         |
| <b>Total</b>          | <b>100</b> |

### 6.1 Exámenes parciales

Se realizarán de forma presencial, en horas clase, según lo establecido en el cronograma y serán de carácter individual. Las reposiciones se realizarán en una fecha a convenir con el profesor y se realizarán en horas extraclase. El material necesario para la ejecución de cada prueba así como otros aspectos de interés se indicará con al menos tres días hábiles previo a realización de éstas. Las pruebas podrán constar de más de una parte y ser ejecutadas en sesiones diferentes.

Se recuerda a los estudiantes que los exámenes y las tareas son individuales y que si por algún motivo se evidencia plagio o archivos de hojas de cálculo iguales se notificará a la Dirección de la Escuela para su respectivo proceso y perderá por completo la calificación en el documento que así lo evidencie (REGLAMENTO DE ORDEN Y DISCIPLINA DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA, Capítulo 2, Artículo 5)

### 6.2 Tareas

Cada una de las tareas consistirá de ejercicios prácticos y de diseño extra clase, contará con un enunciado que el profesor entregará a los estudiantes según el cronograma del curso. Éste incluirá las instrucciones de la práctica, requisitos del informe, la fecha de entrega y los rubros a evaluar. No se aceptarán entregas tardías de los documentos solicitados, bajo ninguna circunstancia. Todas las tareas deben ser escritas en una forma profesional con gramática, ortografía y puntuación correctas.

Todas las tareas deben ser subidas a Mediación Virtual del curso en el rubro destinado al particular para la fecha que se indique. Todas las tareas deben de ser presentadas

como en un documento con formato Word.doc o Adobe Acrobat.pdf donde claramente responda a cada pregunta y muestre el trabajo realizado para llegar hasta la respuesta. Cualquier gráfico relevante, tablas y ecuaciones que validen su respuesta deben de ser incluidas en el documento y deben de ser numeradas, mencionadas y tituladas adecuadamente. Si usted no explica suficientemente su trabajo, solo conseguirá notas parciales y ningún punto por respuestas incorrectas. Usted puede y probablemente deba añadir material adicional al reporte (ej. Hojas de cálculo bien organizadas y tituladas y otros cálculos) para justificar su respuesta. Todas las tareas deben ser en formato que se pueda imprimir en hojas estándar de 8.5" por 11".

### **6.3 Informe de gira**

El Informe de Gira deberá ser entregado con los términos establecidos por los profesores. Se penalizará la entrega tardía del informe con su no aceptación, perdiendo la totalidad de los puntos. Recuerde que el informe es individual y cualquier evidencia de plagio se aplicará la normativa correspondiente de la Universidad.

La Gira de campo es obligatoria, si usted no puede asistir, automáticamente pierde los puntos del informe, lo cual no podrá reponer su gira para realizar el informe, dado que las giras son únicas y no duplicables.

### **6.4 Trabajo final**

El Informe del Trabajo Final deberá ser entregado con los términos establecidos por los profesores. Se penalizará la entrega tardía del informe con su no aceptación, perdiendo la totalidad de los puntos. Cualquier evidencia de plagio se aplicará la normativa correspondiente de la Universidad.

## **7. Bibliografía**

### **7.1. Obligatoria**

Chow, V., Maidment, D. & Mays, L. (1994). *Hidrología Aplicada*. McGraw Hill Interamericana, S.A. (551.48 Ch552h )

Luthin, James N. *Drainage Engineering*, Editorial John Wiley & Sons

Fetter, C.W., (2014). *Applied Hydrogeology* (4 ed.). Pearson Education Limited. (551.49 F421a4 2014)

Freeze, R.A., Cherry, J.A. (1979) *Groundwater*. Prentice Hall. (551.49 F857 g)

Smedema, L.K., Vlotman, W. F., Ricroft, D.W. (2004). *Modern land drainage : planning, design and management of agricultural drainage systems*. Taylor and Francis Group. (627.54 S637m )

Waller, P., Yitayew, M. (2016). *Irrigation and Drainage Engineering*. Springer



## 7.2. Recomendada

Linsley, Franzini, Ingeniería de los Recursos Hidráulicos.

Linsley, Kohler, Paulus, Hidrología para Ingenieros, Edit. Mc Graw Hill.

Pizarro, F.1978. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. Editora Agrícola Española. Madrid, España.521p.

U S Department of Agriculture, Soil Conservation Service. Hydrology Guide for Use in Watershed Planning, Section 4.

Singh, V. (2017). Handbook of Applied Hydrology. Segunda Edición. Mc Graw Hill.

Villón-Béjar, M., (2007). Drenaje. Editorial Tecnológica de Costa Rica. (631.62 V762d )

## 8. Información Adicional

- a. Conforme con el reglamento, el estudiante tendrá derecho a prueba de ampliación si la nota final del curso es mayor o igual a 6.0, sin excepciones.
- b. El plagio es totalmente inadmisibile, y cualquier similitud de forma o fondo del material evaluado anulará la calificación y se considerará como no entregado sin derecho a reposición. Copiar de un compañero o plagiar cualquier trabajo de forma total o parcial implicará la pérdida automática del curso. Además, se aplicarán las sanciones y procedimientos del REGLAMENTO DE ORDEN Y DISCIPLINA DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA.
- c. La ausencia a cualquier evaluación, ya sea exámenes parciales, finales, o comprobaciones de lectura o pruebas cortas, deberá ser debidamente justificada de acuerdo a lo estipulado en el artículo 24 del REGLAMENTO DE RÉGIMEN ACADÉMICO ESTUDIANTIL.
- d. El alumno deberá revisar mínimo cada dos días el sitio del curso en Mediación Virtual-UCR (<http://mediacionvirtual.ucr.ac.cr>), en modalidad bajo virtual, en donde se colocarán avisos importantes y material de interés para el desarrollo del curso. Además, éste será el medio oficial para entrega de informes de las prácticas extra clase, tareas, informe de gira y el proyecto final.
- e. El cronograma es tentativo, por lo que estará sujeto a cambios con previo aviso, los cuales responderán al desarrollo del curso.
- f. El correo electrónico funcionará como medio de comunicación alternativo, mediante el cual el profesor podrá dar anuncios a los estudiantes y proporcionar material de interés para el curso. Es responsabilidad de los estudiantes enviar un correo con asunto "IB-0013" al correo electrónico de su profesor durante la primera semana del curso.
- g. NO se permite el uso del teléfono celular durante los exámenes, a menos que el o la estudiante lo manifieste antes de iniciar la clase por alguna **posible emergencia**.