

# SISTEMAS DE DRENAJE URBANO

## ICYA - 4703

**Semestre 2022-10**

**Profesor:** Juan Saldarriaga  
**Correo Electrónico:** [jsaldarr@uniandes.edu.co](mailto:jsaldarr@uniandes.edu.co)  
**Oficina:** ML 732  
**Horario de Clase:** Lunes 3:30 – 4:45 p.m.  
Miércoles 3:30 – 4:45 p.m.  
**Horario de Laboratorios:** Asignado en Banner (Laboratorio de Hidráulica – ML033)  
**Horario de Atención:** Cita previa.

### ***FILOSOFÍA DEL CURSO***

El diseño moderno de sistemas de alcantarillados se basa en el concepto de integralidad de las aguas urbanas y en particular en el manejo integrado del drenaje urbano. Teniendo esto como premisa, el objetivo del curso de Sistemas de Drenaje Urbano es introducir al estudiante en los conceptos modernos utilizados para el diseño, la construcción y la operación de los alcantarillados, incluyendo los de aguas residuales, aguas lluvias y combinados. Para lograr este propósito el curso hace énfasis en los aspectos hidráulicas de dichos sistemas, para posteriormente introducir conceptos modernos alrededor del drenaje de las ciudades. Por consiguiente, en el curso se enseñan los conceptos teóricos del flujo a superficie libre en tuberías, enmarcados en su desarrollo histórico, para llegar a plantear las ecuaciones y metodologías que permiten el diseño de tramos de tuberías. Una vez establecidas estas ecuaciones y metodologías, el curso se dedica a establecer la forma de utilizarlas para el diseño sistemas complejos de las redes de tuberías que conforman los sistemas de alcantarillado, incluyendo todas sus estructuras hidráulicas asociadas. Se hace énfasis en metodologías de cálculo para el diseño, el diseño optimizado, la calibración hidráulica de sistemas existentes y la operación de dichos sistemas, tomando como ejemplo el caso de las redes de alcantarillado de aguas lluvias. En su parte hidráulica el curso incluye flujo uniforme, flujo gradualmente variado y flujo no permanente, cada uno de ellos acompañado de programas computacionales. También incluye algunos aspectos de calidad de agua en los sistemas. El curso de Sistemas de Drenaje Urbano está basado en clases magistrales, en lecturas complementarias y en la realización, por parte del estudiante, de una serie de ejercicios y un proyecto final, todos con base en programas computacionales. El propósito de las clases magistrales es el de establecer los fundamentos físicos y matemáticos de la mecánica del movimiento a superficie libre del agua en las tuberías, así como las metodologías y tecnologías de Sistemas de Información más utilizadas hoy en día para diseño y operación de redes de alcantarillado. Para lograr el completo entendimiento del curso es necesario complementar las clases con las lecturas adicionales dadas en este programa, en particular las del texto principal.

### ***METAS DE APRENDIZAJE***

El curso de Sistemas de Drenaje Urbano es un curso profesional avanzado del área de Recursos Hidráulicos del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, de importancia para las carreras de Ingeniería Civil y de Ingeniería Ambiental. Por consiguiente, las metas de aprendizajes están caracterizadas por facilitar la realización de diseños de ingeniería de avanzada. Entre dichas metas se incluyen las siguientes: Capacidad de aplicar conocimientos de matemáticas, ciencias e ingeniería; capacidad de diseñar un sistema para cumplir con necesidades deseadas dentro de restricciones realistas económicas, ambientales, de factibilidad y de sostenibilidad; capacidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería; responsabilidad profesional y ética; reconocimiento de la necesidad de desarrollar una capacidad de aprendizaje continuo; y capacidad de usar técnicas, destrezas y herramientas modernas para la práctica de la ingeniería.

## **PROGRAMA DEL CURSO**

<b>FECHA</b>	<b>TEMA</b>	<b>REFERENCIAS</b>
<b><u>Primera Parte: Introducción a los sistemas de drenaje urbano</u></b>		
Enero 24	Introducción. Sistemas integrales de drenaje urbano. Sistema de alcantarillado, PTAR, cuerpo receptor.	T: Cap. 6 R2: Cap. 1 R5: Cap. 1 R6: Cap. 12
Enero 26	Tipos de sistemas de alcantarillado y sus componentes. Alcantarillado de aguas residuales, de aguas lluvias y combinados	T: Cap. 4, 5 y 6
Enero 31	Cálculo de caudales para el diseño de sistemas de alcantarillado. Caudales de aguas residuales, caudales de aguas lluvias.	T: Cap. 4, 5 y 6 R2: Cap. 2
Febrero 2	Cálculo de caudales para el diseño de sistemas de alcantarillado. Caudales de aguas residuales, caudales de aguas lluvias.	T: Cap. 4, 5 y 6 R2: Cap. 2 R3: Cap. 14 R5: Cap. 3
<b><u>Segunda Parte: Flujo Uniforme</u></b>		
Febrero 7	Flujo uniforme en tuberías fluyendo parcialmente llenas. Ecuaciones de Darcy-Weisbach y Colebrook-White. Ecuación de Gauckler-Manning.	T: Cap. 7 R1: Cap. 1 R2: Cap. 4 y 6 R4: Cap. 4 R5: Cap. 5
Febrero 9	Hidráulica de la sección circular fluyendo parcialmente llena. Métodos de cálculo de flujo uniforme.	T: Cap. 7 R1: Cap. 2 R4: Cap. 4 R5: Cap. 5
Febrero 14	Programas para el cálculo del flujo uniforme en tuberías parcialmente llenas. Pendientes propias. Ecuaciones de costos.	T: Cap. 7 R1: Cap. 2
Febrero 16	Hidráulica de cámaras de inspección y de alivios en alcantarillados combinados. Ecuaciones para el cálculo de pérdidas de energía. Flujos subcrítico y supercrítico.	T: Cap. 8 R5: Cap. 5
Febrero 21	Disipación de energía en flujos supercríticos y su aplicación a sistemas de alcantarillado. Ecuaciones de cálculo.	T: Cap. 8 R5: Cap. 5 R6: Cap. 18
<b><u>Tercera Parte: Diseño de Redes de Drenaje Urbano</u></b>		
Febrero 23	Diseño optimizado de tuberías de alcantarillados en serie.	T: Cap. 7, 9 y 10 R4: Cap. 4
Febrero 28	Diseño optimizado de redes de alcantarillado. Ruta principal	T: Cap. 7, 9 y 10

	y rutas secundarias. Diseño optimizado de redes de alcantarillado.	R4: Cap. 4 R5: Cap. 5
Marzo 2	Diseño optimizado de redes de alcantarillado. Diseño óptimo de la red dado el trazado. Determinación del árbol para el trazado óptimo. Ecuaciones de costo.	T: Cap. 7, 9 y 10 R4: Cap. 4 R5: Cap. 5
Marzo 7	Ejemplo de diseño. Caso de estudio Sector Chicó en Bogotá.	T: Cap. 7, 9 y 10
Marzo 9	Ejemplo de diseño. Caso de Ciudad Verde. Práctica.	T: Cap. 7, 9 y 10
Marzo 14	Diseño optimizado incluyendo cámaras de caída y bombeos.	T: Cap. 13 y 14
Marzo 16	<b>PRIMER EXAMEN PARCIAL</b>	

### **Cuarta Parte: Flujo Gradualmente Variado**

Marzo 21-26	<b>Semana de Receso</b>	
Marzo 28	Flujo gradualmente variado en tuberías simples fluyendo parcialmente llenas. Tipo de perfiles.	T: Cap. 7 y 19 R2: Cap. 4 R4: Cap. 5 R5: Cap. 5
Marzo 30	Métodos de cálculo del flujo gradualmente variado. Método del Paso Directo. Método de Integración numérica.	T: Cap. 7 y 19 R2: Cap. 4 R4: Cap. 5
Abril 4	Métodos de cálculo de FGV en sistemas de tuberías fluyendo parcialmente llenas. Método del Paso Estándar.	T: Cap. 7 y 19 R2: Cap. 4 R4: Cap. 5
Abril 6	Programas para el cálculo del FGV en sistemas de alcantarillado. Programa EpaSWMM.	T: Cap. 7 y 19 R4: Cap. 5
Abril 11-16	<b>Semana Santa</b>	

### **Quinta Parte: Flujo no Permanente**

Abril 18	El flujo no permanente como criterio de diseño de sistemas de drenaje urbano.	T: Cap. 19 R2: Cap. 4 R3: Cap. 9 y 10 R4: Cap. 7 y 8
Abril 20	Ecuaciones para el cálculo del flujo no permanente en redes de tuberías. Programa EpaSWMM.	T: Cap. 19 R3: Cap. 9 y 10 R4: Cap. 7 y 8
Abril 25	Métodos de cálculo del flujo no permanente. Esquema de Priessman. Inclusión de pérdidas menores de energía	T: Cap. 19
Abril 27	Programas para el cálculo de flujo no permanente. Programa EpaSWMM. Programa ALCANTATRILLADOS.	T: Cap. 19 R2: Cap. 10

### **Sexta Parte: Aspectos Hidráulicos Especiales**

Mayo 2	Coefficientes de fricción en tuberías fluyendo parcialmente Llenas. Sedimentos en sistemas de alcantarillados. Tipos de Sedimentos y sus fuentes.	T: Cap. 9, 10 y 15
Mayo 4	Manejo operativo de sedimentos en sistemas de alcantarillado. Estructuras modernas en sistemas de drenaje urbano.	T: Cap. 16 T: Cap. 9
Mayo 9	<b>SEGUNDO EXAMEN PARCIAL</b>	

### **Séptima Parte: Aspectos futuros de los sistemas de drenaje urbano**

Mayo 11	Fallas en los componentes de los sistemas de alcantarillado. Estabilidad estructural, infiltración, exfiltración, conexiones erradas.	T: Cap. 15
Mayo 16	Métodos de renovación y rehabilitación de tuberías en redes de alcantarillado. Rehabilitación de otros componentes.	T: Cap. 15 R5: Cap. 12
Mayo 18	Almacenamiento temporal para el control de picos de aguas lluvias. Control en tiempo real de redes de alcantarillado.	T: Cap. 13 T: Cap. 22 R2: Cap. 8
Mayo 23	Futuro de los sistemas de drenaje urbano. Conferencia Internacional.	T: Cap. 24
Mayo 25	Sistema general de drenaje urbano de Bogotá. Conferencia Nacional.	T: Cap. 24

### **TEXTO DEL CURSO**

"URBAN DRAINAGE". David Butler, Christopher Dugman, Christos Makropoulos, John W. Davies. Fourth Edition. CRC Press. Boca Raton, Florida, USA, 2018. *Disponible digital en Biblioteca*

### **REFERENCIAS**

1. "HIDRÁULICA DE TUBERÍAS, ABASTECIMIENTO DE AGUA, REDES, RIEGOS". Juan G. Saldarriaga. Editorial Alfaomega Colombiana. Cuarta Edición. Bogotá, 2019. *Disponible digital en Biblioteca*
2. "URBAN HYDROLOGY, HYDRAULICS AND STORMWATER QUALITY". A. Osman Akan, Robert J. Houghtalen. John Wiley and Sons Editors. First edition. New Jersey, 2003.
3. "APPLIED HYDROLOGY". Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays. McGraw-Hill Editors. New York, 1988.
4. "OPEN CHANNEL HYDRAULICS". Terry W. Sturm. McGraw-Hill Editors. Second Edition. New York, 2010.
5. "GRAVITY SANITARY SEWER DESIGN AND CONSTRUCTION". ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 60. WEF Manual of Practice No. FD-5. American Society of

Civil Engineers (ASCE), Environmental Water Research Institute (EWRI) and Water Environment Federation. Edited by P. Bizier. 2007.

6. "WATER SUPPLY AND SEWERAGE". Terence J. McGhee. Editorial McGraw-Hill; Sexta edición. New York, 1991.
7. "THE HYDRAULICS OF OPEN CHANNEL FLOW. AN INTRODUCTION". Hubert Chanson. Butterworth Heinemann Editors. Second Edition. Oxford, 2004. *Disponible digital en Biblioteca*
8. "REGLAMENTO TECNICO DEL SECTOR AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO - RAS 2011". Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería. Agosto de 1998. Versión en proceso de revisión: RAS 2011, Noviembre de 2011.
9. "NORMAS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO DE LAS EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN E.S.P.". Empresas Públicas de Medellín E.S.P. Primera Edición. Medellín, 2007.
10. "WATER RESOURCES ENGINEERING". 2005 Edition. Larry W. Mays. Editorial Wiley. Hoboken, New Jersey, 2005.
11. "WASTEWATER HYDRAULICS: THEORY AND PRACTICE" Will H. Hager. Second Edition. Springer Editors, 2010. 652 pages. *Disponible digital en Biblioteca*

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Schwalt, M., and Hager, W. H. (1995). "Experiments to supercritical junction flow." *Experiments in Fluids*, 18, 429–437.
2. Hager, W.H. (1999). Wastewater hydraulics. Springer: Berlin, New York.
3. Del Giudice, G., Gisonni, C., and Hager, W. H. (2000). "Supercritical flow in bend manhole." *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 1, 48–56.
4. Del Giudice, G., and Hager, W.H. (2001). "Supercritical flow in 45° junction manhole." *J. Irrig. Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 127, 100–108.5
5. Gisonni, C., and Hager, W. H. (2002). "Supercritical flow in manholes with a bend extension." *Experiments in Fluids*, 32, 357–365.
6. Gisonni, C., and Hager, W.H. (2002). "Supercritical flow in the 90° junction." *Urban Water*, 4, 363–372. 7
7. Gargano, R., and Hager, W. H. (2002). "Supercritical flow across sewer manholes." *Journal of Hydraulic Engineering*, 128, 1014–1017.
8. De Martino, F., Gisonni, C., and Hager, W.H. (2002). "Drop in Combined Sewer Manhole for Supercritical Flow." *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 6, 397–400.
9. De Martino, F., Gisonni, C., and Hager, W.H. (2002). "Discussion of: Drop in Combined Sewer Manhole for Supercritical Flow" and "Closure to: Drop in Combined Sewer Manhole for Supercritical Flow" *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 6, 171–172.
10. Gisonni, C., and Hager, W.H. (2002). "Supercritical flow in sewer manholes" *ACQUA E CITTÀ. I CONVEGNO NAZIONALE DI IDRAULICA URBANA*.
11. Zhao, C., Zhu, D., and Rajaratnam, N. (2004). "Supercritical sewer flows at a combining junction: A model study of the Edworthy trunk junction, Calgary, Alberta" *J. Environ. Eng*, 3, 343–353.
12. "ALCANTARILLADOS": programa para el manejo integrado de sistemas de alcantarillado. Mario Enrique Moreno Castiblanco, Gustavo Adolfo Hernández Cortés, Juan Saldarriaga. Universidad de los Andes. XVII Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología. Universidad del Cauca. Popayán, septiembre de 2006.
13. Gisonni C., Hager W.H. (2002) Supercritical flow in the 90\_ junction manhole. *Urban Water* 4. (363–372). Disponible en línea en <http://www.sciencedirect.com>.

14. Del Giudice, G., Gisonni, C. , Hager W.H.,(2000). Supercritical flow in bend manhole. (ASCE). Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Vol. 126, No. 1.
15. Hager W.H, Gisonni, C. (2005). Supercritical flow in sewer manholes. Acqua e città. I convegno nazionale di idraulica urbana Sant' Agnello (NA), 28-30.

## **EVALUACIÓN DEL CURSO**

PRIMER EXAMEN PARCIAL	20 %
SEGUNDO EXAMEN PARCIAL	20 %
EXAMEN FINAL	25 %
TAREAS	10 %
PROYECTO FINAL	25 %
TOTAL	<u>100 %</u>

**NOTA 1:** Una vez establecidas las fechas definitivas para las entregas de tareas e informes de laboratorio, incluyendo la hora de entrega, éstas se deberán respetar. No se recibirán trabajos entregados posteriormente.

**NOTA 2:** En algunas ocasiones será necesario cambiar las fechas propuestas para tareas o exámenes; estos cambios obedecen a razones de fuerza mayor. De todas formas, los cambios de fechas serán avisados por el profesor con suficiente antelación.

**NOTA 3:** En caso de que un estudiante no pueda, con causa justificada, presentar alguno de los exámenes del curso, será potestativo del profesor hacer un examen supletorio. En caso de que no se haga este examen, para el cálculo de la nota definitiva el porcentaje de peso del examen no presentado se repartirá proporcionalmente entre las demás calificaciones del curso.