

PROGRAMA DE CURSO HIDRÁULICA APLICADA AL DISEÑO DE OBRAS

A. Antecedentes generales del curso:

| | | | | | | |
|-------------------------------|--|----------|------------|----------|---------------------|---|
| Departamento | Ingeniería Civil (DIC) | | | | | |
| Nombre del curso | Hidráulica Aplicada al Diseño de Obras Civiles y Minería | Código | CI5161 | Créditos | 6 | |
| Nombre del curso en inglés | <i>Hydraulics applied on civil design and Mining</i> | | | | | |
| Horas semanales | Docencia | 3 | Auxiliares | 2 | Trabajo personal | 5 |
| Carácter del curso | Obligatorio | X | | Electivo | | |
| Requisitos | CI4261: Hidrología | | | | | |

B. Propósito del curso:

El curso tiene como propósito proveer al estudiantado de un marco normativo para el diseño de obras hidráulicas, aplicando conceptos teóricos de hidráulica en el diseño de obras.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE1: Concebir, formular y aplicar modelos hidrológicos e hidráulicos para la resolución de problemas relacionados con obras y sistemas de ingeniería civil.

CE3: Concebir, diseñar obras y sistemas de ingeniería civil que interactúen con el medio ambiente natural y social con criterios de sustentabilidad, logrando cuantificar el potencial impacto del proyecto, generando con ello, sistemas óptimos de mitigación y adaptación.

CEH7: Diseñar, analizar y evaluar proyectos de recursos hídricos y medio ambiente desde una perspectiva sistémica y sustentable, actual y futura, tanto en calidad como cantidad del recurso.

CEH8: Concebir, diseñar, implementar y operar obras de protección, captación, almacenamiento, tratamiento, conducción y distribución del recurso hídrico para distintos usos (riego, agua potable y residual, industrial, generación, minería, etc.), utilizando tanto tecnologías tradicionales como emergentes.

CG1: Comunicación académica y profesional

Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales.

CG3: Compromiso ético

Actuar de manera responsable y honesta, dando cuenta en forma crítica de sus propias acciones y sus consecuencias, en el marco del respeto hacia la dignidad de las personas y el cuidado del medio social, cultural y natural.

CG4: Trabajo en equipo

Trabajar en equipo, de forma estratégica y colaborativa, en diversas actividades formativas, a partir de la autogestión de sí mismo y de la relación con el otro, interactuando con los demás en diversos roles: de líder, colaborador u otros, según requerimientos u objetivos del trabajo, sin discriminar por género u otra razón.

CG5: Sustentabilidad

Concebir y aplicar nuevas estrategias de solución a problemas de ingeniería y ciencias en el marco del desarrollo sostenible, considerando la finitud de recursos, la interacción entre diferentes actores sociales, ambientales y económicos, además de las regulaciones correspondientes.

CG6: Innovación

Concebir ideas viables y novedosas que generen valor para resolver necesidades latentes, materializadas en productos, servicios o en mejoras a procesos dentro de un sistema u organización, considerando el contexto sociocultural y económico y los beneficios para el usuario.

C. Resultados de aprendizaje:

| Competencias específicas | Resultados de aprendizaje |
|--------------------------|---|
| CE1 | <p>RA1: Discrimina entre una batería de situaciones de diseño, logrando seleccionar los modelos matemáticos que resultan adecuados para el diseño de obras hidráulicas específicas.</p> <p>RA2: Incorpora criterios establecidos en normativa nacional como internacional al diseño hidráulico, en el contexto del diseño hidráulico correspondiente.</p> |
| CE3 | RA3: Integra el concepto de mínima afectación de terceros al diseño hidráulico, comprendiendo que es posible ajustar el diseño para que sea concordante con directrices medioambientales y sociales. |
| CEH7 | RA4: Caracteriza las variables hidrológicas involucradas en el diseño de las obras y el impacto que las obras estudiadas conllevan en la disponibilidad espacial y temporal del recurso hídrico. |
| CEH8 | RA5: Comprende desde una perspectiva teórica y práctica cómo los criterios de diseño se aplican en distintas obras, considerando la normativa vigente en el diseño de obras hidráulicas. |
| Competencias genéricas | Resultados de aprendizaje |
| CG1, CG4 | <p>RA6: Produce textos, de carácter explicativo y/o argumentativo, sobre el análisis hidrológico y los criterios de diseño asociados a diferentes obras hidráulicas, demostrando claridad, capacidad de síntesis y efectividad en el uso de gráficos, figuras y tablas para respaldar la información.</p> <p>RA7: Lee artículos de referencias a asociados a criterios de diseño, extrayendo información sobre directrices estandarizadas y validadas por organismos revisores de proyectos de ingeniería, y que utiliza en casos o problemas a resolver.</p> |
| CG3, CG5, CG6 | RA8: Analiza casos de obras hidráulicas, para comprender cómo las decisiones técnicas y éticas relacionadas con el diseño de las partes componentes de la obra impactan positiva o negativamente en su entorno social y medioambiental. |

| | |
|-----|---|
| CG4 | RA9: Trabaja con su equipo en un problema de ingeniería aplicada basándose en la modelación de un software comercial gratuito, en el contexto de trabajo de consultoría real. |
|-----|---|

D. Unidades temáticas:

| Número | RA al que tributa | Nombre de la unidad | Duración en semanas |
|--|-------------------------|---|---------------------|
| 1 | RA1, RA2, RA3, RA4, RA5 | Hidráulica fluvial | 2,5 semanas |
| Contenidos | | Indicador de logro | |
| 1.1. Hidrología y selección de caudales de diseño. 1.2. Conceptos para análisis de sedimentos. 1.3. Modelaciones de hidráulica fluvial. 1.4. Cálculo de arrastre de sedimentos (suspensión y fondo). 1.5. Cálculo de socavación. | | El/la estudiante: 1. Selecciona y calcula de manera adecuada caudales de crecida y caudales mínimos de estiaje para el diseño de obras hidráulicas. 2. Comprende el concepto de curva granulométrica y a partir de ella calcula los diámetros característicos para problemas de hidráulica fluvial. 3. Planifica una campaña de muestreo de calicatas. 4. Modela un cauce de manera adecuada seleccionando rugosidades, condiciones de borde, caudales, obstrucciones entre otras. 5. Comprende y calcula el problema de socavación general del lecho y local producido por el emplazamiento de las obras hidráulicas. 6. Usa software HECRAS para una modelación hidráulica. | |
| Bibliografía de la unidad | | <ul style="list-style-type: none"> • H Mery-Hidráulica Aplicada al Diseño de Obras. • MOP-Manual De Carreteras, Volumen 3. • Guías Metodologías Para Presentación y Revisión Técnica de Proyectos de Modificación de Cauces Naturales y Artificiales, DGA 2016. • Guías Metodologías Para Presentación y Revisión Técnica de Proyectos de Bocatoma, DGA 2018. • Norma Chilena 777/1 Agua Potable- Fuentes de Abastecimiento y Obras de Captación-Parte 1: Captación de Aguas Superficiales. | |

| Número | RA al que tributa | Nombre de la unidad | Duración en semanas |
|---|---------------------------|--|---------------------|
| 2 | RA1, RA5, RA6 RA8, RA9 | Diseño de Obras Fluviales | 2 semanas |
| Contenidos | | Indicador de logro | |
| 2.1. Diseño de Enrocados de fondo y laterales. 2.2. Diseño de Pilas de Puentes. 2.3. Diseño de Estribos de Puentes. 2.4. Diseño de Bocatomas. 2.5. Diseño de Alcantarillas. | | El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Usa criterios de diseño para el cálculo de enrocados, aplicando conceptos de socavación, revancha, coronamiento, peso de la roca y forma de la fundación, entre otros. 2. Calcula socavación en pilas de puente, y las diseña de manera adecuada. 3. Usa criterios de diseño para estribos de puente, logrando cuantificar la socavación de las pilas y diseñando estas de manera adecuada. 4. Aplica conceptos de diseño a bocatomas, identificando las distintas partes componentes de la obra hidráulica y los criterios de verificación con caudales de crecida y mínimos de estiaje. 5. Utiliza criterios de diseño para el diseño de alcantarillas, dimensionando muros de entradas y selección de diámetros óptimos en base a las condiciones topográficas del emplazamiento de la obra hidráulica. 6. Comprende el concepto de control hidráulico y profundidad de remanso. 7. Modela, con el software HECRAS, el impacto que tienen obras hidráulicas en cauces naturales y construidos. | |
| Bibliografía de la unidad | | <ul style="list-style-type: none"> • H Mery-Hidráulica Aplicada al Diseño de Obras • MOP-Manual De Carreteras, Volumen 3 • Guías Metodologías Para Presentación y Revisión Técnica de Proyectos de Modificación de Cauces Naturales y Artificiales, DGA 2016. • Guías Metodologías Para Presentación y Revisión Técnica de Proyectos de Bocatoma, DGA 2018. • Norma Chilena 777/1 Agua Potable- Fuentes de Abastecimiento y Obras de Captación-Parte 1: Captación de Aguas Superficiales | |

| Número | RA al que tributa | Nombre de la unidad | Duración en semanas |
|---|-------------------|---|---------------------|
| 3 | RA1, RA2, RA5 | Obras Hidráulicas específicas | 1,5 semanas |
| Contenidos | | Indicador de logro | |
| 3.1. Diseño de Desarenadores 3.2. Diseño de Sifones 3.3. Diseño de Rejas 3.4. Diseño de Transiciones | | El estudiantado: <ol style="list-style-type: none"> Determina la velocidad de sedimentación de partículas y logra dimensionar unidades desarenadoras en función de dicha variable, incorporando correcciones por concentración y turbulencia. Calcula la eficiencia en la remoción de unidades desarenadoras. Determina las principales dimensiones de sifones invertidos, aplicando el cálculo del Bernoulli tanto en el canal de entrada como de salida de la obra hidráulica Determina las dimensiones óptimas de la reja en base a los conceptos de velocidad bruta, fracción de cobertura e inclinación entre otros. Estima la pérdida de carga en dicha obra, basado en la fórmula de Berenzinsky. Diseña una transición óptima, comprendiendo la diferencia entre las pérdidas de carga por angostamiento y ensanche. | |
| Bibliografía de la unidad | | <ul style="list-style-type: none"> H Mery-Hidráulica Aplicada al Diseño de Obras. | |

| Número | RA al que tributa | Nombre de la unidad | Duración en semanas |
|---|-------------------------------|---|---------------------|
| 4 | RA1, RA2, RA5, RA6, RA8 y RA9 | Redes de Distribución de Agua (contorno cerrado) | 1 semana |
| Contenidos | | Indicador de logro | |
| 4.1. Redes de distribución de agua potable. 4.2. Estanques de regulación. 4.3. Estaciones de relevación electromecánica. 4.4. Válvulas reductoras de presión | | El estudiantado: <ol style="list-style-type: none"> 1. Analiza redes de distribución de agua, es decir, contorno cerrado, determinando la velocidad y pérdidas en los arcos como también las presiones y caudales en cada uno de sus nodos correspondientes. 2. Dimensiona estaciones de relevación para los rangos de presiones solicitadas en los nodos. 3. Dimensiona válvulas reductoras de presión para los rangos de presiones solicitadas en los nodos. 4. Utiliza el software EPANET para la modelación hidráulica de redes de tubería. | |
| Bibliografía de la unidad | | <ul style="list-style-type: none"> • Manual de Proyectos de Agua Potable Rural MOP 2019. | |

| Número | RA al que tributa | Nombre de la unidad | Duración en semanas |
|--|---------------------------------|--|---------------------|
| 5 | RA1, RA2, RA3, RA4, RA5, RA8 | Diseño de Presas | 1 semana |
| Contenidos | | Indicador de logro | |
| 5.1. Presas y su componente de regulación estacional. 5.2. Balance hídrico considerando obras de carácter antrópico. 5.3. Estimación de revanchas en presas. 5.4. Diseño del vertedero. 5.5. Diseño del evacuador de crecidas. | | El estudiantado: 1. Diseña distintas partes componentes de una presa. 2. Calcula un balance hídrico incorporando el efecto regulador de una presa. | |
| Bibliografía de la unidad | | <ul style="list-style-type: none"> • H Mery-Hidráulica Aplicada al Diseño de Obras. | |

| Número | RA al que tributa | Nombre de la unidad | Duración en semanas |
|--|---|--|---------------------|
| 6 | RA1, RA2, RA3, RA4, RA5, RA6, RA8, RA9 | Obras Hidráulicas para Minería | 6 semanas |
| Contenidos | | Indicador de logro | |
| <p>6.1. Descripción general de un proyecto de Gran Minería, sus instalaciones y etapas a lo largo de su vida útil.</p> <p>6.2. Obras Hidráulicas para manejo de crecidas, bases y criterios de diseño.</p> <p>6.3. Obras Hidráulicas para transporte de fluidos y soluciones durante la operación: Conceptos base y diseño obras transporte hidráulico de pulpas / soluciones.</p> <p>6.4. Obras Hidráulicas para etapa de cierre PotstCierre: Conceptos base y aplicaciones</p> | | <p>El estudiantado:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Identifica elementos y conceptos generales de los proyectos mineros y bases que definen en particular los requerimientos para diseño de obras hidráulicas mineras, considerando las etapas de operación, cierre y postcierre de proyectos mineros. 2. Identifica los elementos que deben tenerse en cuenta en el diseño Hidrológico, Sedimentológico e Hidráulico de obras en proyectos mineros (Ambientales, Normativos, Sociales, Factibilidad Técnica/Económica/<u>Plazos</u>, etc.). 3. Usa Software para simulación hidrológica de Crecidas Pluviales y verificación de desempeño de las obras para manejo de crecidas. 4. Aplica conceptos y variables hidráulicas clave para el transporte hidráulico de pulpas mineras (Pérdidas de carga, velocidades mínimas, etc.) 5. Comprende el concepto de límites de diagramas operacionales de Sistemas de Transporte de Pulpa (STPs). 6. Reconoce elementos principales que se deben definir y dimensionar hidráulicamente para un STP. 7. Identifica y aplica conceptos hidrológicos e hidráulicos que definen el diseño de las medidas de Cierre, para verificar la estabilidad Física y Química de los depósitos a largo plazo | |
| Bibliografía de la unidad | | <ul style="list-style-type: none"> • BAH A E. ABULNAGA, P.E., Hydraulics Systems Handbook, 2002. • Catálogos de Proveedores de productos/soluciones varias. | |

E. Estrategias de enseñanza -aprendizaje:

El curso considera las siguientes estrategias:

- **Clases expositivas** con espacio para discusión y preguntas directas a los y las estudiantes de temas que hayan visto en cursos anteriores o experiencias de trabajo personales. La idea de las clases expositivas es generar una discusión en torno a los criterios de diseño expuestos en el curso, abriendo una conversación en que el estudiante relacione los conceptos de aplicación con la fuerte base teórica de cursos precedentes y comprenda los conceptos técnicos detrás del diseño.
- **Resolución de problemas:** los y las estudiantes puedan aplicar técnicas que les permitan diseñar obras hidráulicas.
- **Talleres:** Desarrollo de un proyecto de ingeniería real, donde le estudiante pueda aplicar los conceptos aprendidos en el curso en una experiencia del mismo nivel que un trabajo de consultoría real.

F. Estrategias de evaluación:

El curso considera, en principio, las siguientes instancias de evaluación:

| Tipo de evaluación | Resultado de aprendizaje (RA) asociado a la evaluación |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • 2 controles + Examen (40% de la NF): se evaluará la capacidad de aplicar conceptos aprendidos en problemas de cálculo sencillos, pero con una fuerte componente teórica y práctica, donde se evaluará si el o la estudiante es capaz de aplicar los conceptos de obras hidráulicas revisados en clases. | RA1, RA2, RA3, RA4, RA5, RA6. |
| <ul style="list-style-type: none"> • 6 tareas, controles de lectura y nota de participación en clase (25% de la NF): Se compone de 1 tarea de obras hidráulicas generales, 1 tarea de obras hidráulicas mineras, 3 controles de lectura y una nota de participación de clases. Con respecto a las tareas, el o la estudiante desarrolla ejercicios de aplicación de diseño de obras hidráulicas en base a los conceptos revisados en clase, como también argumenta la toma de decisiones respecto a variables relevantes en el diseño. En los controles de lectura se leen artículos de referencias asociados a criterios de diseño para conocer directrices estándar validadas por los organismos revisores de proyectos de ingeniería. | RA1, RA2, RA3, RA4, RA5, RA6. |

| | |
|---|--------------------------------------|
| <p>Finalmente, la nota de participación en clase evalúa la evolución y el grado de involucramiento del estudiante en las discusiones abiertas en clase como también evalúa la aplicación de conceptos mediante preguntas breves de selección múltiple.</p> | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Talleres (35% de la NF): corresponde a 3 talleres donde el estudiante modelará un caso de diseño de obras hidráulicas mediante software de uso gratuito utilizados ampliamente en consultoría. Incluirá una presentación de resultados para que el estudiante desarrolle habilidades de expresión oral y explicación de proyectos, solicitado ampliamente en consultoría. | <p>RA1, RA2, RA3, RA4, RA5, RA6.</p> |

G. Recursos bibliográficos:

Bibliografía obligatoria:

- [1] Mery, Horacio. “Hidráulica Aplicada al Diseño de Obras”. RIL Editores. Santiago, Chile. 2013.
- [2] Manual de Carreteras-Ministerio de Obras Públicas. Volumen 2, Acápites 2.4.
- [3] Manual de Carreteras-Ministerio de Obras Públicas. Volumen 3, Acápites 3.7.
- [4] Manual de Carreteras-Ministerio de Obras Públicas. Volumen 4, Acápites 4.2.
- [5] Guías Metodologías Para Presentación y Revisión Técnica de Proyectos de Modificación de Cauces Naturales y Artificiales, DGA 2016.
- [6] Guías Metodologías Para Presentación y Revisión Técnica de Proyectos de Bocatoma, DGA 2018.
- [7] Norma Chilena 777/1 Agua Potable- Fuentes de Abastecimiento y Obras de Captación- Parte 1: Captación de Aguas Superficiales.
- [8] Manual de Proyectos de Agua Potable Rural MOP 2019
- [9] Chanson, H. “Hidráulica del Flujo”. Editorial Mc Graw Hill. 2002.
- [10] Maza Álvarez, J.A., Introduction to River Engineering, 1993.
- [11] Niño, Y. Hidráulica Fluvial y Transporte de Sedimentos. 2005.
- [12] Novak, P., Moffat, A., Nalluri, C. Estructuras Hidráulicas. Editorial Mc Graw Hill. 2001.
- [13] Vischer, D.L, Hager, W.H. Dam Hydraulics. Wiley Series in Water Resources Engineering. 1998.

H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

| | |
|-----------------|---|
| Vigencia desde: | Otoño, 2023 |
| Elaborado por: | Arnaldo Santander y Franco Ricchetti Revisor par: Alberto de la Fuente |
| Validado por: | |
| Revisado por: | |