



## PROGRAMA DE ASIGNATURA AÑO 2025

### ANTECEDENTES GENERALES\*

<b>CARRERA</b>	Ingeniería Civil en Procesos de Minerales				
<b>NOMBRE DE LA ASIGNATURA</b>	Diseño y pilotaje de procesos				
<b>CÓDIGO DE LA ASIGNATURA</b>					
<b>AÑO/SEMESTRE</b>	Quinto año/semestre IX				
<b>TIPO DE FORMACIÓN**</b>	<b>GENERAL (G)</b>		<b>BÁSICA (B)</b>	<b>PROFESIONAL (P)</b>	X
<b>DURACIÓN</b>	<b>SEMESTRAL</b>	X	<b>ANUAL</b>	<b>OTRO (MODULAR)</b>	
<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>OBLIGATORIO (O)</b>	X	<b>ELECTIVO (E)</b>		
<b>CARÁCTER</b>	<b>TEÓRICO-PRÁCTICO (TP)</b>	X	<b>TEÓRICO Y PRÁCTICO (T/P)</b>	<b>PRÁCTICA (P)</b>	
<b>MODALIDAD</b>	<b>PRESENCIAL</b>	X	<b>VIRTUAL</b>	<b>MIXTA</b>	
<b>CRÉDITOS SCT</b>	6				
<b>HORAS DE DEDICACIÓN</b>	HORAS PRESENCIALES DIRECTAS	6 T	HORAS DE TRABAJO AUTÓNOMO	4,5 C	
<b>APRENDIZAJES PREVIOS REQUERIDOS</b>					

\* Para el llenado de todos los elementos de esta dimensión, deberá considerar todo lo definido en el descriptor del plan de estudio decretado.

\*\* En los puntos de Tipo de Formación deberá marcar con un X la opción referente a la asignatura.

### DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA

En este apartado se deberá completar el siguiente recuadro de acuerdo con el Plan de estudio vigente decretado, donde se definen las competencias, niveles y resultados de aprendizaje que la asignatura o módulo desarrolla.

<b>Competencia Específica y/o Genérica</b>	1.3 Domina los fundamentos de la especialidad como procesos de separación, transferencia de energías, conminución, cinética y reactores químicos necesarios para el diseño de procesos minerales.
Nivel de Desarrollo de la competencia	1.3.3 Genera soluciones a problemas del ámbito profesional asociado a los procesos de minerales aplicando los fundamentos de las ciencias de la especialidad.
Resultado/s de Aprendizaje	1.3.3.1. Establece soluciones fundamentadas en las ciencias de la especialidad de procesos de minerales en transferencia energía, cinética, diseño de reactores y preparación mecánica de minerales.
<b>Competencia Específica y/o Genérica</b>	2.2 Diseña procesos de minerales y equipos en el ámbito de la ingeniería de procesos minerales.
Nivel de Desarrollo de la competencia	2.2.3 Diseña procesos de minerales y equipos en el ámbito de la ingeniería de procesos de minerales.
Resultado/s de Aprendizaje	2.2.3.1. Diseña procesos de minerales y equipos de capacidad requerida utilizando resultados de pruebas de pilotaje y laboratorio.

## UNIDADES DE APRENDIZAJE

---

### **Unidad de Aprendizaje 1: Introducción al diseño y escalado industrial**

En esta unidad el estudiante será capaz de reconocer los problemas que surgen durante el diseño y escalamiento de procesos como conceptos generales. Esta unidad introduce al estudiante en conceptos generales que luego en capítulos posteriores serán desarrollados en profundidad.

Contenido: Introducción al Diseño y Escalado Industrial

- Introducción al Escalado Industrial, etapas a considerar en los trabajos de Investigación y Desarrollo (I+D).
- Alcance de las etapas de I+D, donde se estudiarán los criterios a considerar para los límites entre escalas, escala de laboratorio, escala de banco, escala piloto, escala semi-industrial, escala industrial.
- Criterios de diseño: la base formal del diseño

### **Unidad de Aprendizaje 2: Técnicas empleadas en el Proceso de Escalado**

En esta unidad el estudiante podrá aplicar metodologías y procedimientos que permitan transferir a la escala industrial, los datos obtenidos en los experimentos a escala reducida.

Contenido: Técnicas empleadas en el proceso de escalado

- Principios de Similitud
- Dimensionamiento y escalamiento de procesos (determinar variables adimensionales).
- La Extrapolación y los Efectos de Frontera.

### **Unidad de Aprendizaje 3: Empleo de modelación matemática y diseño de experimentos en el proceso de escalado**

En esta unidad el estudiante debe ser capaz de aplicar conceptos fundamentales de procesos de minerales y usarlos para desarrollar modelos matemáticos y simulaciones de sistemas durante la etapa de diseño y escalamiento de procesos de minerales.

Contenido: Empleo de modelación matemática y diseño de experimentos en el proceso de escalado.

- Simulación matemática de procesos industriales
- Conceptos básicos de diseño estadístico.
- Uso de programas estadísticos y simuladores industriales.
- Statgraphics (programa útil en el diseño de experimentos y análisis estadístico de resultados).
- Metsim como herramienta de simulación de procesos.

### **Unidad de Aprendizaje 4: Pruebas a escala de banco y planta piloto**

En esta unidad el estudiante conocerá criterios de escalamiento en los distintos procesos minero-metalúrgicos.

Contenido: Pruebas a escala de banco y planta piloto

- Descripción general de los procedimientos de pruebas metalúrgicas y el desarrollo de diagramas de flujo.
- Pruebas a escala de banco y planta piloto para el diseño de circuitos de conminución.
- La selección de reactivos de flotación mediante pruebas de flotación por lotes.

- Programas de bancos y plantas piloto para el diseño de circuitos de flotación.
- Pruebas a escala de banco y planta piloto para diseño de circuitos de filtración.
- Trabajo a escala de banco y planta piloto para el diseño de circuitos de recuperación de oro y cobre.

### **Unidad de Aprendizaje 5: Algunas aplicaciones en el escalado en la industria**

En esta unidad el estudiante será capaz de evaluar, diseñar y seleccionar equipamiento aplicado a los procesos de minerales.

Contenido: Algunas aplicaciones en el escalado en la industria

- Conminución (trituración y molienda).
  - o Factores que influyen en la selección de circuitos de conminución.
  - o Tipos y características de equipos de trituración y diagramas de flujo de circuitos.
  - o Selección y dimensionamiento de trituradoras primarias.
  - o Consideraciones de diseño de trituración en pozo.
  - o Selección y dimensionamiento de trituradoras de cono secundarias y terciarias.
  - o Tipos y características de equipos de molienda y diagramas de flujo de circuitos.
  - o Selección y dimensionamiento de molinos autógenos y semiautógenos.
- Separación de tamaño
  - o Selección de hidrociclones para el diseño de plantas.
  - o Cribado grueso.
  - o Cribado fino en operaciones de procesamiento de minerales.
- Separación sólido-sólido (segunda clasificación).
  - o Tipos y características de separación por gravedad y diagramas de flujo.
  - o Selección y dimensionamiento de equipos de concentración centrífuga; diseño de planta.
  - o Dimensionamiento y selección de equipos de medios pesados: diseño.
- Flotación
  - o Descripción general de los desarrollos recientes en tecnología de flotación y práctica de planta para minerales de cobre y otros minerales.
  - o Una descripción general de los desarrollos recientes en tecnología de flotación y práctica de plantas para minerales de cobre.
  - o Diseño de máquinas de flotación mecánica.
  - o Selección de equipos de flotación y diseño de planta.
  - o Flotación de columna.
- Separación sólido-líquido.
  - o Caracterización de los objetivos del proceso y enfoque (general) para la selección de equipos.
  - o Sedimentación y filtración centrífugas para el procesamiento de minerales.
- Escalado de Tanques con Agitación Mecánica
  - o Criterios de semejanza y ecuaciones de escalado.
  - o Relaciones de escalado para la transferencia de calor en tanques agitados mecánicamente.
- Escalado de reactores químicos
  - o Reactores discontinuos
  - o Reactores continuos

- Reactores tubulares
- Reactores de tanque perfectamente agitados
- Escalado de reactores catalíticos

### Unidad de Aprendizaje 6: Plantas piloto

En esta unidad el estudiante podrá entender, analizar y ser capaz de diseñar un planta piloto desde su diseño, construcción y funcionamiento.

Contenido: Plantas Piloto

- Definición de una planta piloto
- Costos de la planta piloto
- Principales tipos de plantas piloto existentes
- Diseño de plantas piloto
- Detalles de construcción
- Operación de una planta piloto

### Unidad de Aprendizaje 7: Estudios financieros y de viabilidad

En esta unidad el estudiante podrá evaluar desde un punto de vista técnico económico las distintas etapas del diseño y escalamiento de un proceso minero-metalúrgico. Aplicará todo el conocimiento y metodologías aprendidas en los capítulos 1-6.

Contenido: Estudios Financieros y de Viabilidad

- Directrices para estudios de viabilidad.
- Costos de equipos de procesamiento de minerales principales y estimaciones preliminares de costos de capital.
- Financiación de proyectos mineros.

## ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN

RESULTADOS DE APRENDIZAJE	ESTRATEGIA DIDÁCTICA	ACTIVIDAD DE EVALUACIÓN***
1.3.3.1. Establece soluciones fundamentadas en las ciencias de la especialidad de procesos de minerales en transferencia energía, cinética, diseño de reactores y preparación mecánica de minerales (50%).	Clases expositivas Seminarios de ejercicios Simulaciones computacionales	1ª Prueba Parcial (35%) 2ª Prueba Parcial (35%) Taller 1 (30%)
2.2.3.1. Diseña procesos de minerales y equipos de capacidad requerida utilizando resultados de pruebas de pilotaje y laboratorio (50%).	Clases expositivas Seminarios de ejercicios Simulaciones computacionales	3ª Prueba Parcial (40%) Laboratorio (30%) Taller 2 (30%)

## BIBLIOGRAFÍA.

---

### BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- [1] Roberto A. González Castellanos. (2000). Principios básicos de escalado. Editorial Universitaria.
- [2] Anaya-Durand, Alejandro; Pedroza-Flores, Humberto. (2008). Escalamiento, el arte de la ingeniería química: Plantas piloto, el paso entre el huevo y la gallina. Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos.
- [3] Díaz de los Rios, Manuel y Agil, Liliana (1996). Experimentación en plantas piloto. Ingeniería química. XXVIII. 135.
- [4] Ramon de la Peña Manrique. (1978). Técnicas de escalamiento aplicadas al diseño de procesos químicos.
- [5] Tkachenko Gorski, Ferrer Villanueva. (2014). Fundamentos matemáticos de la ingeniería química, Ecuaciones diferenciales y temas complementarios. Editorial Universitat politécnica de Valencia. Tercera edición.
- [6] Weber, Roman. Mancini, Marco. (2020). On scaling and mathematical modelling of large scale industrial flames. Journal of the Energy Institute.
- [7] Filho, Pedro I. O. Carmalt, Claire J. Angeli, Panagiota. Fraga, Eric S. (2020). Mathematical Modeling for the Design and Scale-Up of a Large Industrial Aerosol Assisted Chemical Vapor Deposition Process under Uncertainty. Industrial & Engineering Chemistry Research
- [8] Juan Paulo García Sandoval. (2011). Notas de Matemáticas aplicadas a la Ingeniería Química.
- [9] Linninger, A.A and Chowdhry, S. and Bahl, V. and Krendl, H. and Pinger, H. (2000). A systems approach to mathematical modelling of industrial process. Computers and Engineering. 24. 591-598

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA