

MATERIA: FENÓMENOS DE TRANSPORTE

CLAVE:

NUM. DE CREDITOS: 6

TIPO DE MATERIA:

PROPEDEÚTICA [ ]  
BÁSICA [ ]  
BÁSICA DE LÍNEA [ ]  
OPTATIVA [X]

DURACION DEL CURSO:

48 HORAS / SEMESTRE

HORAS SEMANA DE TEORIA:

3 HORAS

HORAS SEMANA DE LABORATORIO:

0 HORA

MATERIAS ANTECEDENTES:

NO REQUIERE

## I. JUSTIFICACIÓN

Para el análisis y optimización de los procesos en ingeniería de minerales y la mitigación del impacto ambiental asociado a ellos, es fundamental la comprensión de los fenómenos de transporte involucrados. Los cuales implican, la transferencia de calor, masa y/o cantidad de movimiento, que pueden ocurrir individual o simultáneamente en las operaciones unitarias y de los procesos de transformación química.

## II. OBJETIVOS DEL CURSO

Transmitir al alumno los conceptos fundamentales necesarios para la comprensión y el análisis de los procesos que involucren la transferencia de cantidad de movimiento, energía y materia, presentes en las operaciones unitarias y sistemas de ingeniería de minerales, la industria minero metalúrgico y la remediación de sitios contaminados. Así como la metodología matemática para la resolución de los sistemas diferenciales generados.

## III. TEMARIO DEL CURSO

### 1. Mecanismos de transporte

6 horas

Objetivo: Describir los tres diferentes mecanismos de transporte y las leyes que los rigen, considerando la teoría cinética y la teoría del continuo.

#### 1.1 Fundamento de transporte molecular

1.1.1 Flux: densidad de flujo por unidad de área.

1.1.2 Ley de Newton de la viscosidad

1.1.3 Ley de Fourier de la conducción de calor.

1.1.4 Ley de Fick

#### 1.2 Fuerzas y momentos sobre planos y curvas de superficie

#### 1.3 El método de la envolvente, balances de *momentum*, energía y masa

1.3.1 Película descendente con viscosidad variable

- 1.3.2 Flujo a través de un sistemas cilíndricos
- 1.3.3 Conducción de calor con un manantial calorífico de origen químico
- 1.3.4 Transferencia de calor a través de paredes compuestas
- 1.3.5 Transferencia de materia en sistemas binarios

**2. Cinemática** **6 horas**

Objetivo: Desarrollar el análisis conceptual y establecer las herramientas necesarias para obtener las ecuaciones que describen el movimiento de un volumen material, el teorema generalizado de transporte y el principio de conservación de masa.

- 2.1 Coordenadas materiales y espaciales
- 2.2 Derivada total, material y parcial
- 2.3 Volumen material
  - 2.3.1 Postulado del Continuo
  - 2.3.2 El principio de *momentum* ideal
- 2.4 Teorema de divergencia
- 2.5 El teorema de transporte de Reynolds
- 2.6 Principio de conservación de masa y ecuación de continuidad

**3. Fundamentos para la transferencia de momentum** **8 horas**

Objetivo: Establecer la ecuaciones diferenciales que describen el movimiento de un fluido incomprensible aplicando el principio de conservación de cantidad de movimiento y los esfuerzos que actúan sobre el sistema de estudio.

- 3.1 Las leyes de Euler
  - 3.1.1 El tensor de esfuerzos
  - 3.1.2 Las leyes de movimiento de Cauchy
- 3.2 Las leyes de Cauchy para fluidos newtonianos
- 3.3 Las ecuaciones de Navier-Stokes para flujos bidimensionales.

**4. Fundamentos para la transferencia de calor** **8 horas**

Objetivo: Establecer las ecuaciones diferenciales que describen el balance de energía, considerando la primera ley de la termodinámica y analizando casos particulares.

- 4.1 Primera ley de la termodinámica
  - 4.1.1 Casos particulares. Conducción de calor en sistemas estáticos ( $v=0$ ).
  - 4.1.2 Conducción de calor en estado estable sobre una placa plana
- 4.2 La ecuación de energía térmica

**5. Fundamentos para la transferencia de masa** **8 horas**

Objetivo: Establecer las ecuaciones diferenciales que describen el balance de materia en procesos homogéneos y heterogéneos y sistemas de multicomponentes.

- 5.1 Materiales multi-componentes, concentración, velocidades y fluxes de masa
- 5.2 Ecuaciones constitutivas para el tensor de esfuerzos

- 5.3 Ecuaciones constitutivas para el vector de flux de energía
- 5.4 Ecuaciones constitutivas para el vector de flux de masa.
- 5.5 Convección forzada.
  - 5.5.1 Similitud entre transferencia de energía y masa
  - 5.5.2 Absorción de gas sobre una película descendente con reacción química.

## 6. La teoría de capa límite

**6 horas**

Objetivo: Analizar la resolución de sistemas heterogéneos que involucran el método de aproximación de la teoría de capa límite.

- 6.1 Teoría de la capa límite para fluido laminar en placas planas
- 6.2 Teoría de la capa límite para fluido laminar en paredes curvas

## 7. Casos de estudio

**6 horas**

Objetivos: Aplicación de los fenómenos de transporte para el análisis de sistemas específicos en ingeniería de minerales.

- 7.1 Aplicaciones en procesamiento de minerales
- 7.2 Aplicaciones en hidro- y electrometalurgia
- 7.3 Aplicaciones en remediación ambiental

## IV. METODOLOGIA

El curso contempla sesiones teóricas, revisión y discusión de artículos relacionados a los diferentes tópicos, y el análisis de casos específicos relacionados con los proyecto de investigación de los estudiantes involucrados.

## V. SISTEMA DE EVALUACIÓN

Para tener derecho a exámenes, el estudiante deberá cumplir con 90% de asistencias en clases frente a grupo, 100 % en cumplimiento de tareas. La calificación final será la suma de las proporciones descritas a continuación:

Presentaciones Orales de	
Temas específicos	10
Aplicación en el proyecto de investigación asociado	20
Tareas sobre resolución de problemas	20
Examen final	50

## VI. BIBLIOGRAFIA

1. Aris, R., *Vectors, tensors, and the basic equation of fluid mechanics*. Prentice Hall, Inc., New Jersey, 1962.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ  
FACULTAD DE INGENIERÍA - INSTITUTO DE METALURGIA  
POSGRADO EN INGENIERÍA DE MINERALES

---

2. Bird, R. B., Steward, W. E., and Lightfoot, E. N., *Fenómenos de Transporte*, Segunda edición Reverte, S.A., Barcelona, España, 1987
3. Cussler, E.L., Difusión. *Mass transfer in fluid phenomena in metallurgy*. First Ed. Addison Wesley publishing company, Inc.
4. Incropera, F.P. and De Witt, D.P., *Introduction to heat transfer*, 4a. Ed. John Wiley & Sons.
5. Poirier, D.R. and Geiger, G.H., *Transport Phenomena in Materials Processing*, Ed. The Mineral, metals & Materials Society. Warrendale Pennsylvania, 1994.
6. Slattery, J. C., *Advanced Transport Phenomena*, Cambridge Univ Pr (Trd); Edition (March 1, 1999), 1981.
7. Treybal, R. E., *Operaciones de Transferencia de Masa*. Mc Graw Hill, 1993.
8. Whitaker, S., *Introduction to fluid mechanics*. Prentice Hall Inc., 1968
9. Whitaker, S., *Fundamental Principles of Heat Transfer*, Second edn. Krieger publishing company, Inc., Florida, USA., 1983