

**PROGRAMA DE LA ASIGNATURA:**  
**808-5137: SEPARACION SOLIDO-LIQUIDO**  
**Profesor José Angel Sorrentino**

**PROPOSITO:**

Para las industrias química, farmacéutica, minero-metalúrgica y la agro-industria, así como para el tratamiento de efluentes y para el manejo de desechos industriales y domésticos, los procesos mecánicos de separación sólido-líquido son de fundamental importancia. El uso de estas operaciones de separación adquiere cada vez mayor importancia, a la luz de las crecientes regulaciones ambientales. La separación se realiza mediante aparatos como sedimentadores, clarificadores, filtros continuos, filtros discontinuos, filtros a presión y vacío, filtros centrífugos, decantadores centrífugos, hidrociclones, celdas de flotación, etc., donde la suspensión es separada en sus partes sólida y líquida.

**OBJETIVO:**

El estudiante deberá al finalizar el curso:

1. Manipular los principios básicos que rigen los distintos procesos de separación sólido-líquido.
2. Manejar los diversos modelos de cálculo para diseñar o evaluar los equipos de separación sólido-líquido y conocer sus limitaciones y rangos de aplicación.
3. Identificar la filosofía de funcionamiento así como el campo y condiciones de aplicación de los distintos aparatos existentes para la realización industrial de estas separaciones.
4. Conocer los procesos industriales donde las separaciones sólido-líquido tienen aplicación, con especial énfasis en la industria venezolana.

**CONTENIDO PROGRAMATICO:**

1. Introducción
  - 1.1 Procesos mecánicos de separación sólido-líquido
  - 1.2 Caracterización de suspensiones
  - 1.3 Distribución de tamaño de partícula

## 2. Sedimentación

- 2.1 Principios básicos
- 2.2 Sedimentación en campo gravitacional
  - 2.2.1 Celdas de flotación
  - 2.2.2 Sedimentadores
- 2.3 Sedimentación en campo centrífugo
  - 2.3.1 Hidrociclones
  - 2.3.2 Decantadores centrífugos

## 3. Filtración

- 3.1 Principios básicos
- 3.2 Filtración mediante formación de torta
  - 3.2.1 Formación de la torta
  - 3.2.2 Deslicorización (secado) de la torta
    - 3.2.2.1 Deslicorización por presión de gas
    - 3.2.2.2 Deslicorización por prensado
    - 3.2.2.2 Deslicorización por centrifugado
  - 3.2.3 Lavado de la torta
  - 3.2.4 Filtros a presión/vacío, continuos y discontinuos
  - 3.2.5 Filtros prensa, continuos y discontinuos
  - 3.2.6 Filtros centrífugos, continuos y discontinuos
  - 3.2.7 Medios filtrantes
- 3.3 Filtración de lecho profundo
- 3.4 Filtración de flujo cruzado

## 4. Procesos de separación sólido-líquido en la industria venezolana

### **EVALUACION:**

La evaluación se basará en la realización de seminarios orales y/o escritos sobre temas asignados por el profesor, los cuales podrán versar sobre alguno de los temas del curso o sobre publicaciones científicas específicas asignadas por el profesor:

- 1. Exposición oral del trabajo  
35%
- 2. Informe escrito del trabajo  
35%

3. Seguimiento de la realización del trabajo por parte del profesor  
30%

## **BIBLIOGRAFIA:**

Se recomiendan las siguientes fuentes de información:

1. SVAROVSKI, L.: "Solid-Liquid Separations"
2. PURCHAS, D & WAKEMAN, R.: "Solid-Liquid Separation Equipment Scale-Up"
3. CHEREMINISOFF: "Liquid Filtration"
4. STAHL, W.: "FEST-FLÜSSIG-TRENNUNG", curso dictado en el Institut für MVM de la Universidad de Karlsruhe.
5. STAHL, W. y otros: Artículos publicados por el Institut für MVM de la Universidad de Karlsruhe en revistas y congresos.
6. TILLER, F.: Artículos publicados en AIChE Journal, Chemical Engineering Progress y otras revistas.
7. VARIOS: Manuales y prospectos de equipos de separación sólido-líquido.
8. VARIOS: Artículos sobre el tema publicados en revistas especializadas.
10. ANLAUF, H.; NICOLAOU, I. y SORRENTINO J.: "Cake Filtration Technology for the Process Industry". Notas del curso. Caracas, Octubre 1994.
11. ANLAUF, H.; STADAGER, C. y SORRENTINO J.: "Centrifuges for the Process Industry". Notas del curso. Caracas, Octubre 1995.
12. ANLAUF, H.; KELLER, K. y SORRENTINO J.: "Solid-Liquid Separations: Fundamentals, Machinery & Strategies". Notas del curso. Caracas, Octubre 1996.

## **HORAS DE CONTACTO Y REQUISITOS:**

La asignatura tiene tres (3) horas semanales de contacto.

Se requieren sólidos conocimientos de mecánica de fluidos.

|   |                                  |  |                 |                          |
|---|----------------------------------|--|-----------------|--------------------------|
|   | QUIMICA                          | FENOMENOS DE TRANSP                        |                 |                          |
| ASIGNATURA: <b>SEPARACION SÓLIDO-LIQUIDO</b>  |                                  | CODIGO<br>808-5137                         | Pág: 1<br>de: 5 |                          |
| FECHA DE EMISION:   | Nº DE EMISION:<br>2              | PERIODO VIGENTE:                           | ULTIMO PERIODO: |                          |
| <p><b><u>OBJETIVO GENERAL:</u></b></p> <p>Esta asignatura pertenece al área de Tecnología de Partículas y pretende dotar al Ingeniero las herramientas necesarias para comprender los fenómenos asociados a los diversos procesos de separación mecánica de sólidos y líquidos, para determinar parámetros útiles para el diseño de dichos equipos, para identificar y resolver los problemas operacionales relacionados con los mismos, para realizar una selección de equipos, así como permitirle el conocimiento de los tipos de maquinaria existentes en el mercado y de las aplicaciones de las diversos equipos en las diferentes industrias de procesos.</p> <p><b><u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Proporcionar los conceptos básicos involucrados en los procesos de separación mecánica de sólidos y líquidos, así como el material de apoyo que permita ampliar y profundizar los conocimientos adquiridos.</li> <li>2. Profundizar en los fundamentos de la filtración y de la sedimentación, en las distintas condiciones en las que éstas pueden ocurrir.</li> <li>3. Estudiar los criterios de selección de equipos de separación sólido-líquido, así como las técnicas de obtención y análisis de información de laboratorio para la obtención de información de diseño y evaluación de dichos equipos, a fin de proporcionar un conjunto de herramientas prácticas que permitan aplicar los conocimientos adquiridos en la industria de procesos.</li> <li>4. Revisar los aspectos claves (filosofía de operación y elementos constructivos) de los equipos de separación sólido-líquido disponibles en el mercado.</li> <li>5. Analizar diversos procesos industriales en los que la separación sólido-líquido ocupa un lugar clave.</li> </ol> |                                  |  |                 |                          |
| PROFESOR:<br>José A.Sorrentino  | JEFE DPTO:                       | COORD. POSTG.:<br>Samir Marzuka            | REVISADO POR:   | DIRECTOR:<br>Luis García |
| FACULTAD DE INGENIERIA  | ESCUELA DE INGENIERIA<br>QUIMICA | DEPARTAMENTO TERM Y<br>FENOMENOS DE TRANSP |                 |                          |

|  |                     |                  |                    |                 |
|--|---------------------|------------------|--------------------|-----------------|
| ASIGNATURA: <b>SEPARACION SOLIDO-LIQUIDO</b> |                     |                  | CODIGO<br>808-5137 | Pág: 2<br>de: 5 |
| FECHA DE EMISION:                            | Nº DE EMISION:<br>2 | PERIODO VIGENTE: | ULTIMO PERIODO:    |                 |

**PROGRAMA SINÓPTICO:**

- Esquema general de los procesos de separación sólido-líquido: Procesos mecánicos de separación sólido-líquido. Principios básicos de separación. Visión general.
- Caracterización de suspensiones: Propiedades y características de los sólidos y los fluidos que afectan la separación. Distribución de tamaño de partículas. Tamaño promedio. Superficie específica.
- Acondicionamiento de suspensiones: Coagulación, floculación, dispersión. Agitación. Bombeo.
- Clasificación de tamaño: Sistemas de clasificación de sólidos. Tamizado. Clasificación hidráulica. Clasificación centrífuga. Aero-clasificación centrífuga.
- Formación de sedimentos: Sedimentación gravitacional y centrífuga. Ecuación de Stokes. Sedimentación particulada, sedimentación zonal, compactación de sedimentos. Curva de sedimentación. Modelos para evaluar y dimensionar equipos continuos. Efectos de clasificación y segregación.
- Formación de torta
  - Formación de torta por diferencia de presión: Mecanismos de filtración. Formación de torta de filtración. Permeabilidad y porosidad. Compresibilidad. Ecuaciones de uso práctico. Ventajas y limitaciones de los modelos teóricos. Optimización de procesos a partir de pruebas de laboratorio y escala de banco.
  - Formación de torta por centrifugación: Fundamentos. Ecuaciones de uso práctico. . Ventajas y limitaciones de los modelos teóricos. Optimización de procesos a partir de pruebas de laboratorio y escala de banco.
- Deslicorización

|                                |            |                                 |               |                          |
|--------------------------------|------------|---------------------------------|---------------|--------------------------|
| PROFESOR:<br>José A.Sorrentino | JEFE DPTO: | COORD. POSTG.:<br>Samir Marzuka | REVISADO POR: | DIRECTOR:<br>Luis García |
|--------------------------------|------------|---------------------------------|---------------|--------------------------|

|  |                                  |  |
|--|----------------------------------|--|
| FACULTAD DE INGENIERIA                       | ESCUELA DE INGENIERIA<br>QUIMICA | DEPARTAMENTO TERM Y<br>FENOMENOS DE TRANSP |
| ASIGNATURA: <b>SEPARACION SÓLIDO-LIQUIDO</b> |                                  | CODIGO   Pág: 3                            |



|                   |                     |                  |                 |       |
|-------------------|---------------------|------------------|-----------------|-------|
|                   |                     |                  | 808-5137        | de: 5 |
| FECHA DE EMISION: | Nº DE EMISION:<br>2 | PERIODO VIGENTE: | ULTIMO PERIODO: |       |

- Filtros a presión y a vacío discontinuos: Principios de operación y aspectos constructivos de los distintos tipos disponibles en el mercado. Aplicaciones típicas.
- Filtros centrífugos: Principios de operación y aspectos constructivos de los distintos tipos disponibles en el mercado. Aplicaciones típicas.
- Equipos de sedimentación
  - Sedimentadores gravitacionales: Espesadores y clarificadores. Principios de operación y aspectos constructivos de los distintos tipos disponibles en el mercado. Aplicaciones típicas.
  - Sedimentadores centrífugos de pared fija: hidrociclones. Principios de operación y aspectos constructivos de los distintos tipos disponibles en el mercado. Aplicaciones típicas.
  - Sedimentadores centrífugos de pared móvil: decantadores y separadores. Principios de operación y aspectos constructivos de los distintos tipos disponibles en el mercado. Aplicaciones típicas.
- Separación sólido-líquido en la industria de procesos: Necesidades, aplicaciones y problemas.

## EVALUACIÓN

El curso será evaluado basándose en la realización de varios trabajos:

- Un trabajo escrito (monografía) sobre alguno de los temas del curso (30%).
- Un trabajo sobre las aplicaciones de los equipos de separación sólido-líquido, que consistirá en tres aspectos:
  - Aplicaciones de la SSL presentes en un país (o grupo de países) latinoamericano (20%)
  - Aplicaciones de un determinado tipo de equipos en las diversas ramas de la industria de procesos (20%)
  - Equipos de SSL utilizados en un sector de la industria (20%)
  - Selección de equipos usando software de selección de equipos (10%).

|                                |            |                                 |               |                          |
|--------------------------------|------------|---------------------------------|---------------|--------------------------|
| PROFESOR:<br>José A.Sorrentino | JEFE DPTO: | COORD. POSTG.:<br>Samir Marzuka | REVISADO POR: | DIRECTOR:<br>Luis García |
|--------------------------------|------------|---------------------------------|---------------|--------------------------|

|                        |                                  |  |
|------------------------|----------------------------------|--|
| FACULTAD DE INGENIERIA | ESCUELA DE INGENIERIA<br>QUIMICA | DEPARTAMENTO TERM Y<br>FENOMENOS DE TRANSP |
|------------------------|----------------------------------|--|

|  |                     |                                 |                    |                          |
|--|---------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------------|
| ASIGNATURA: <b>SEPARACION SÓLIDO-LÍQUIDO</b>   |                     |                                 | CODIGO<br>808-5137 | Pág: 5<br>de: 5          |
| FECHA DE EMISION:  | Nº DE EMISION:<br>2 | PERIODO VIGENTE:                | ULTIMO PERIODO:    |                          |
| <p><b><u>BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. IVES, K.: "The scientific basis of filtration", 1960.</li> <li>2. CHEREMINISOFF, N. y AAZBEL, D., "Liquid Filtration", 1980.</li> <li>3. SVAROVSKY, L. (Editor): "Solid Liquid Separations", Butterworths (London), 2a. Edición, 1988.</li> <li>4. PURCHAS, D. y WAKEMAN, R.: "Solid-Liquid Separation Equipment Scale-Up", Upland Press, 1986.</li> <li>5. RUSHTON, A., WARD, A. y HOLDICH, R., "Solid-Liquid Filtration and Separation Technology", VCH (Weinheim), 1996.</li> <li>6. WAKEMAN, R., y TARLETON, S. "Filtration: Equipment Selection Modeling and Process Simulation", Elsevier, 1999.</li> <li>7. WAKEMAN, R.: "Post treatment processes", Elsevier, 1999.</li> <li>8. LEUNG, W.: "Industrial Centrifugation", McGraw Hill, 1998.</li> <li>9. STAHL, W.: "Fest-Flüssig-Trennung", Material del curso, Karlsruhe, 1992.</li> <li>10. ANLAUF, H., NICOLAOU, I. y SORRENTINO, J.A.: "Cake Filtration Technology for the Process Industry", Material del Curso, Caracas, Octubre 1994.</li> <li>11. ANLAUF, H., STADAGER, C. y SORRENTINO, J.A.: "Centrifuges for the Process Industry", Material del Curso, Caracas, Octubre 1995.</li> <li>12. ANLAUF, H., KELLER, K. y SORRENTINO, J.A.: "Solid-Liquid Separations: Fundamentals, Machinery &amp; Strategies", Material del Curso, Caracas, Octubre 1996.</li> <li>13. TILLER, F., "Forever a filterman", Recopilación de artículos.</li> <li>14. REVISTA Filtration &amp; Separation, disponible en la Biblioteca de la Escuela de Ingeniería Química</li> <li>15. CATÁLOGOS DE FABRICANTES DE EQUIPOS, Material disponible en el Laboratorio de Separaciones Mecánicas.</li> </ol> |                     |                                 |                    |                          |
| PROFESOR:<br>José A.Sorrentino   | JEFE DPTO:          | COORD. POSTG.:<br>Samir Marzuka | REVISADO POR:      | DIRECTOR:<br>Luis García |