



PROGRAMA DE BALANCES Y FENÓMENOS DE TRANSPORTE con Aplicaciones de Cálculo Avanzado

1. Carrera/s: INGENIERIA EN INDUSTRIAS DE LA ALIMENTACION
INGENIERIA QUIMICA

2. Año de Vigencia: 2019

3. Carga horaria: 90 hs.

4. Equipo de cátedra:

Profesor Adjunto: Ing. Silvana Martínez
Ayudante de Primera: Ing. Martín Moyano

5. **Objetivos del Espacio Curricular.**

- Abordar el análisis dimensional y la teoría de modelos.
- Conocer técnicas de cálculo y técnicas de base experimental.
- Aplicar estrategias de análisis y resolución de balances de masa y energía.
- Valorar los balances para proyecto y diseño, control de operación, simulación y optimización de procesos.
- Introducirse a los fenómenos de transporte molecular y turbulento.
- Ejercitar el desarrollo de un criterio independiente de análisis de operaciones y procesos.
- Promover actitudes, criterios y metodologías de autoaprendizaje para desarrollar solvencia profesional.
- Abordar problemas básicos de ingeniería con recursos matemáticos avanzados, con recursos numéricos y de soft.
- Introducir y aplicar métodos de resolución de ecuaciones algebraicas y diferenciales, así como de ajuste y evaluación de curvas a datos experimentales.



6. Contenidos a desarrollar en el Espacio Curricular

| Unidad Temática | Bibliografía |
|---|--|
| <p>Nº 1:</p> <p>Introducción a los fenómenos de transporte. Fundamentos básicos del transporte de cantidad de movimiento, energía y masa. Generalidades sobre transferencias. Concepto de equilibrio. Potencial o fuerza impulsora. Patrones de flujo. Operaciones con transferencias continuas e intermitentes. Mecanismos de transferencia.</p> | <p>Obligatoria:</p> <ul style="list-style-type: none">- Foust, A:S:, Wenzel, L.A., Clump, C.W., Maus, L., Andersen, L.B., <u>Principios de Operaciones Unitarias</u>, México, Cecsca, 2ª ed. 1992- McCabe, W.L., Smith, J.C., Harriott, P., <u>Operaciones Unitarias en Ingeniería Química</u>, Madrid, .McGraw Hill, 4ª ed. 1991.-- Welty,J.R. –Wickd, C.E., Wilson, R.E. – <u>Fundamentos de transferencia de momento, calor y masa</u> – Ed. Limusa, 1998, 9º reimpresión. <p>Complementaria:</p> <ul style="list-style-type: none">- Treybal, R.E., <u>Operaciones de Transferencia de Masa</u>, México, McGraw-Hill. 2ª ed., 1996.- Geankoplis, Ch.J., <u>Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias</u>, México, CECSA, 3ra ed. 1998.- Bird, R.B., Stewart, W.E., Lightfoot:, E.N., <u>Fenómenos de Transporte</u>, Buenos Aires, Reverté, 1997. |
| <p>Nº 2:</p> <p>Análisis Dimensional. Dimensiones, unidades, grupos adimensionales. Criterios de Semejanza. Teoría de los Modelos.</p> | <p>Obligatoria:</p> <ul style="list-style-type: none">- Foust, A:S:, Wenzel, L.A., Clump, C.W., Maus, L., Andersen, L.B.,<u>Principios de Operaciones Unitarias</u>, México, Cecsca, 2ª ed. 1992- McCabe, W.L., Smith, J.C., Harriott, P., <u>Operaciones Unitarias en Ingeniería Química</u>, Madrid, .McGraw Hill, 4ª ed. 1991.-- Welty,J.R. –Wickd, C.E., Wilson, R.E. – <u>Fundamentos de transferencia de momento, calor y masa</u> – Ed. Limusa, 1998, 9º reimpresión. <p>Complementaria:</p> <ul style="list-style-type: none">- Treybal, R.E., <u>Operaciones de Transferencia de Masa</u>, México, McGraw-Hill. 2ª ed., 1996.- Geankoplis, Ch.J., <u>Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias</u>, México, CECSA, 3ra ed. 1998.- Bird, R.B., Stewart, W.E., Lightfoot:, E.N., <u>Fenómenos de Transporte</u>, Buenos Aires, Reverté, 1997. |



| | |
|--|---|
| <p>N° 3:</p> <p>Mecanismo de transporte molecular. Ecuación general. Particularizaciones para masa, calor y momento. Clasificación de los fluidos por sus características reológicas. Transferencia con generación interna. Transporte molecular en el estado inestable.</p> | <p>Obligatoria:</p> <ul style="list-style-type: none">- Foust, A:S:, Wenzel, L.A., Clump, C.W., Maus, L., Andersen, L.B., <u>Principios de Operaciones Unitarias</u>, México, Cecsca, 2ª ed. 1992- McCabe, W.L., Smith, J.C., Harriott, P., <u>Operaciones Unitarias en Ingeniería Química</u>, Madrid, .McGraw Hill, 4ª ed. 1991.-- Welty,J.R. –Wickd, C.E., Wilson, R.E. – <u>Fundamentos de transferencia de momento, calor y masa</u> – Ed. Limusa, 1998, 9º reimpresión. <p>Complementaria:</p> <ul style="list-style-type: none">- Treybal, R.E., <u>Operaciones de Transferencia de Masa</u>, México, McGraw-Hill. 2ª ed., 1996.- Geankoplis, Ch.J., <u>Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias</u>, México, CECSA, 3ra ed. 1998.- Bird, R.B., Stewart, W.E., Lightfoot:, E.N., <u>Fenómenos de Transporte</u>, Buenos Aires, Reverté, 1997 |
| <p>N° 4:</p> <p>Mecanismo de transporte turbulento. Análisis para la transferencia de momentos. Ecuaciones utilizadas. Factor de fricción-número de Reynolds. Capa Límite. Resistencia de forma. Transporte de calor y masa. Analogía entre las transferencias de masa, calor y momento.</p> | <p>Obligatoria:</p> <ul style="list-style-type: none">- Foust, A:S:, Wenzel, L.A., Clump, C.W., Maus, L., Andersen, L.B., <u>Principios de Operaciones Unitarias</u>, México, Cecsca, 2ª ed. 1992- McCabe, W.L., Smith, J.C., Harriott, P., <u>Operaciones Unitarias en Ingeniería Química</u>, Madrid, .McGraw Hill, 4ª ed. 1991.-- Welty,J.R. –Wickd, C.E., Wilson, R.E. – <u>Fundamentos de transferencia de momento, calor y masa</u> – Ed. Limusa, 1998, 9º reimpresión. <p>Complementaria:</p> <ul style="list-style-type: none">- Treybal, R.E., <u>Operaciones de Transferencia de Masa</u>, México, McGraw-Hill. 2ª ed., 1996.- Geankoplis, Ch.J., <u>Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias</u>, México, CECSA, 3ra ed. 1998.- Bird, R.B., Stewart, W.E., Lightfoot:, E.N., <u>Fenómenos de Transporte</u>, Buenos Aires, Reverté, 1997 |



| | |
|--|--|
| <p>N° 5:</p> <p>Introducción a los distintos tipos de balance y su aplicación en ingeniería química. Balances de materiales sin reacción química. Análisis y especificación de sistemas no reaccionantes: información, grados de libertad. Estrategia de resolución. Configuración de unidades múltiples: recirculaciones, derivaciones, purgas y combinaciones.</p> | <p>Obligatoria:</p> <ul style="list-style-type: none">- Reklaitis, G.V., <u>Introduction to Material and Energy Balances</u>, México D.F., John Wiley & Sons, 1986- Himmelblau, D.M., <u>Principios Básicos y Cálculos en Ingeniería Química</u>, México, Prentice may, 6ª ed. 1997. Se incluye CD-Rom- Valiente, A., <u>Problemas de Balance de Materia y Energía en la Industria Alimentaria</u>, ed. México, LIMUSA, 1999- Felder, R.M., Rousseau, R.W., <u>Principios Elementales de los Procesos Químicos</u>, Wilmington, Delaware, E.U.A., Addison-Wesley Iberoamericana, 2ª ed.1991 <p>Complementaria:</p> <ul style="list-style-type: none">- Perry, R.H., Green, D.W., <u>Manual del Ingeniero Químico</u>, 6ta ed. y 7ma ed., México, McGraw-Hill- Murphy, R. M., <u>Introducción a los procesos químicos. Principios, análisis y síntesis</u>, McGrall-Hill Interamericana, 2007 |
| <p>N° 6:</p> <p>Balances de materia con reacción química. Análisis y especificación de sistemas reaccionantes con estequiometría conocida: información, grados de libertad. Estrategia de resolución. Configuración de unidades múltiples. Sistemas reaccionantes con estequiometría desconocida.</p> | <p>Obligatoria:</p> <ul style="list-style-type: none">- Reklaitis, G.V., <u>Introduction to Material and Energy Balances</u>, México D.F., John Wiley & Sons, 1986- Himmelblau, D.M., <u>Principios Básicos y Cálculos en Ingeniería Química</u>, México, Prentice may, 6ª ed. 1997. Se incluye CD-Rom- Valiente, A., <u>Problemas de Balance de Materia y Energía en la Industria Alimentaria</u>, ed. México, LIMUSA, 1999- Felder, R.M., Rousseau, R.W., <u>Principios Elementales de los Procesos Químicos</u>, Wilmington, Delaware, E.U.A., Addison-Wesley Iberoamericana, 2ª ed.1991 <p>Complementaria:</p> <ul style="list-style-type: none">- Perry, R.H., Green, D.W., <u>Manual del Ingeniero Químico</u>, 6ta ed. y 7ma ed., México, McGraw-Hill- Murphy, R. M., <u>Introducción a los procesos químicos. Principios, análisis y síntesis</u>, McGrall-Hill Interamericana, 2007 |



| | |
|--|--|
| <p>N° 7:</p> <p>Introducción a los balances de energía. Principio general de conservación. Ecuación general de conservación para sistemas cerrados y abiertos. Sistemas no reaccionantes, en sus distintos tipos. Reacción química única. Reacciones químicas múltiples. Caracterización del estado del sistema. Análisis y especificación. Estrategia de resolución</p> | <p>Obligatoria:</p> <ul style="list-style-type: none">- Reklaitis, G.V., <u>Introduction to Material and Energy Balances</u>, México D.F., John Wiley & Sons, 1986- Himmelblau, D.M., <u>Principios Básicos y Cálculos en Ingeniería Química</u>, México, Prentice may, 6ª ed. 1997. Se incluye CD-Rom- Valiente, A., <u>Problemas de Balance de Materia y Energía en la Industria Alimentaria</u>, ed. México, LIMUSA, 1999- Felder, R.M., Rousseau, R.W., <u>Principios Elementales de los Procesos Químicos</u>, Wilmington, Delaware, E.U.A., Addison-Wesley Iberoamericana, 2ª ed.1991 <p>Complementaria:</p> <ul style="list-style-type: none">- Perry, R.H., Green, D.W., <u>Manual del Ingeniero Químico</u>, 6ta ed. y 7ma ed., México, McGraw-Hill- Murphy, R. M., <u>Introducción a los procesos químicos. Principios, análisis y síntesis</u>, McGrall-Hill Interamericana, 2007 |
| <p>N° 8:</p> <p>Balances combinados de materia y energía. Estrategia para cálculos manuales. Unidad única y unidades múltiples. Estado no estacionario.</p> | <p>Obligatoria:</p> <ul style="list-style-type: none">- Reklaitis, G.V., <u>Introduction to Material and Energy Balances</u>, México D.F., John Wiley & Sons, 1986- Himmelblau, D.M., <u>Principios Básicos y Cálculos en Ingeniería Química</u>, México, Prentice may, 6ª ed. 1997. Se incluye CD-Rom- Valiente, A., <u>Problemas de Balance de Materia y Energía en la Industria Alimentaria</u>, ed. México, LIMUSA, 1999- Felder, R.M., Rousseau, R.W., <u>Principios Elementales de los Procesos Químicos</u>, Wilmington, Delaware, E.U.A., Addison-Wesley Iberoamericana, 2ª ed.1991 <p>Complementaria:</p> <ul style="list-style-type: none">- Perry, R.H., Green, D.W., <u>Manual del Ingeniero Químico</u>, 6ta ed. y 7ma ed., México, McGraw-Hill- Murphy, R. M., <u>Introducción a los procesos químicos. Principios, análisis y síntesis</u>, McGrall-Hill Interamericana, 2007 |



| | |
|---|--|
| <p>N° 9: Introducción a métodos numéricos. Raíces de ecuaciones: métodos de bisección, de Newton-Raphson y de sustitución. Ajuste de curvas: regresión polinomial por método de los cuadrados mínimos, regresión lineal múltiple por linealización, regresión no lineal. Evaluación del ajuste.</p> <p>Balances no estacionarios y sistemas de ecuaciones diferenciales. Métodos de Euler, de Runge-Kutta y de diferencias finitas.</p> | <p>Obligatoria:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Chapra, S.C., Canale, R.P., <u>Métodos numéricos para ingenieros</u>, ed. México, Mc Graw Hill, 1999. - Nakamura, S., <u>Métodos Numéricos aplicados con software</u>, México, Prentice Hall Hispanoamericana - Cutlip, M.B., Shacham, M., <u>Resolución de problemas en ingeniería química y bioquímica con Polymath, Excel y Matlab</u>, ed. Prentice Hall, 2008. <p>Complementaria:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cutlip, M.B., Shacham, M., <u>Problem Solving in Chemical Engineering with Numerical Methods, CD-ROM Included</u>, ed. Prentice Hall PTR, 2000. - Nieves, A., Dominguez, F.C., <u>Métodos numéricos aplicados a la ingeniería – 2° edición – Compañía editorial continental – 2003</u> |
|---|--|

7. Descripción de Actividades de aprendizaje.

| Nº DEL TRABAJO | TEMA |
|----------------|--|
| 1 | Análisis de procesos. Identificación de etapas y caracterización del tipo de transferencia. |
| 2 | Análisis dimensional y teoría de modelos. |
| 3 | Ley de Newton de la viscosidad. Régimen laminar, turbulento y de transición. Número de Reynolds. |
| 4 | Reología. |
| 5 | Capa límite hidrodinámica. Factor de fricción. Balance de cantidad de movimiento. |
| 6 | Transferencia de calor y masa: mecanismos y conceptos básicos. |
| 7 | Transferencia de materia, energía y cantidad de movimiento: proceso de secado. Actividad de Planta Piloto. |
| 8 | Balances de masa sin reacción química. Análisis de grados de libertad. |
| 9 | Balances de masa con reacción química. Análisis de grados de libertad. |
| 10 | Introducción a los balances de energía. |
| 11 | Balances combinados de masa y energía |
| 12 | Problema Abierto: en grupos de no más de tres alumnos. Diseño conceptual de un proceso industrial, generando el diagrama de flujo correspondiente, evaluación y arreglo de los grados de libertad, cálculo de los balances de masa y energía, y conclusiones con propuestas de mejora al proceso planteado. |
| 13 | Resolución de problemas de ingeniería con cálculo aplicado |



8. Descripción de Actividades de Extensión y/o Vinculación con el Sector Productivo de la Cátedra

| NOMBRE LA ACTIVIDAD | DURACIÓN | REQUISITOS PARA LA PARTICIPACIÓN DE LOS ESTUDIANTES |
|--|----------|--|
| Definición de producto y proceso con balances, en vinculación a campo y laboratorio. Problema abierto. | 12 horas | Grupos de no más de tres alumnos. Tema: no puede repetirse temas tratados en cursos anteriores. |

9. Procesos de intervención pedagógica.

Son tres clases semanales de dos horas por clase. La metodología es participativa y se integran los temas de Fenómenos de Transporte con Balances de masa y energía con las aplicaciones de cálculo avanzado. Fenómenos se aborda en forma de estudio dirigido con el complemento de algunas clases magistrales; con trabajos de laboratorio/taller; taller/grupo operativo; contacto con trabajos de investigación; estudio de casos; y sesiones de aprendizaje individual-grupal previstas en las horas de consulta.

Balances consiste en actividades de planteo, análisis, especificación y cálculo de balances como estrategia general, capacitando para la formulación-especificación, análisis y cálculo, en base a guías de actividad y bibliografía básica. La metodología utilizada es taller/grupo operativo con el complemento de algunas clases magistrales; y sesiones de aprendizaje individual-grupal previstas en las horas de consulta. La actividad de problema abierto plantea a los alumnos la necesidad de familiarizarse con los modos operativos de explorar una realidad dada vinculando el campo profesional desde el punto de vista tecnológico y económico; comprobar hipótesis; idear originales formas de abordar algún problema; con la finalidad de plantear la situación problemática, estudiar las diferentes posibilidades de resolución del mismo; y finalmente calcular los balances de masa y energía de los equipos involucrados.

La parte de temas de cálculo avanzado aplicado, en base a guías de actividad, que incluye fundamentación del problema de ingeniería a resolver, del recurso de cálculo utilizado, así como el uso de soft para agilizar la resolución. Para el desarrollo de las actividades se resuelve e interpreta problemas de ingeniería de procesos con el software Polymath 6.0, que viene incluido en Cutlip y en Himmelblau de la bibliografía.

10. Organización por comisiones

| | Teóricas | Actividades Áulicas | Laboratorio y Planta Piloto | Tareas de Campo |
|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|-----------------|
| Cantidad e comisiones | 20 | 12 | 12 | 20 |
| Cantidad de alumnos por comisión | 3 | 5 | 5 | 3 |

Para el desarrollo de los temas de Cálculo Aplicado y Problema Abierto se trabajará en comisiones de no más de tres alumnos.

11. Condiciones de regularización:

- Asistencia al 75% de las actividades teóricas.
- Asistencia al 100% de las actividades prácticas.



- Aprobación del 100% de las evaluaciones parciales teórico-prácticas o sus recuperaciones, con un mínimo de 6 (seis) puntos.

12. Evaluación

Para la regularidad se exige asistencia y cumplimiento completo de las actividades previstas para los alumnos, con presentación de informes parciales y final. Se complementa con evaluaciones parciales y coloquios individuales.

Los contenidos de Balances de masa y energía y de Fenómenos de transporte, se aprueban en una evaluación final con una instancia práctica de resolución de problemas típicos y una parte de evaluación teórica oral. Los contenidos de Cálculo Aplicado se evalúan mediante trabajo individual de aplicación en plataforma virtual.

14. Distribución de la carga horaria.

| Actividades | Horas |
|--|-----------|
| 1. Teóricas | 20 |
| 2. Apoyo teórico (incluye trabajos prácticos de aula) | 32 |
| 3. Trabajo Integrador | 8 |
| 4. Experimentales (laboratorio, planta piloto, taller, etc.) | 18 |
| 5. Resolución de Problemas de Ingeniería (sólo incluye Problemas Abiertos) | 12 |
| Total de Horas de la Actividad Curricular | 90 |

Ing. Silvana Martínez
Prof. Adjunto de Balances y Fenómenos de Transporte