



1. Datos Generales de la asignatura

| | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| Nombre de la asignatura: | Ingeniería de Procesos. |
| Clave de la asignatura: | BTF-1421 |
| SATCA¹: | 3-2-5 |
| Carrera: | Ingeniería en Biotecnología |

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

Esta asignatura permite incorporar conocimientos sobre la simulación, control y optimización en los que se utilicen de manera sostenible los recursos naturales en la industria de las transformaciones bioquímicas, lo que permite desarrollar habilidades para el diseño y selección de equipos.

Es una materia de ingeniería aplicada que se ubica al principio del tercer tercio de la retícula, proporciona herramientas para realizar simulaciones y optimizaciones de equipos procesos lo que permite al estudiante una correcta toma de decisiones en las actividades propias de la ingeniería. Por lo tanto, la asignatura aporta al perfil del Ingeniero Bioquímico la capacidad de:

- Diseñar, seleccionar, adaptar, operar, controlar, simular, optimizar y escalar equipos y procesos en los que se aprovechen de manera sustentable los recursos bióticos.
- Identificar y aplicar tecnologías emergentes relacionadas con el campo de acción del Ingeniero Bioquímico.
- Realizar investigación científica y tecnológica en el campo de la Ingeniería en Biotecnología y áreas afines y difundir sus resultados.
- En particular, lo trabajado en esta asignatura se aplica en el estudio de, las asignaturas de Ingeniería de proyectos, Formulación y evaluación de proyectos. Además complementa especialidades como Alimentos, Ambiental y Biotecnología, en asignaturas como Ingeniería de los Alimentos e Ingeniería ambiental

Intención didáctica

El curso de Ingeniería de procesos se ha integrado de manera que el estudiante maneje los conceptos indispensables para el modelado, y optimización procesos de transformación, y desarrolle habilidades para su aplicación en la resolución de problemas propios de la industria biotecnológica, por lo que se han seleccionado contenidos clasificados en cuatro unidades temáticas en una secuencia lógica que le permita su mejor comprensión, enfocadas hacia los fundamentos teóricos y aplicaciones prácticas de los mismos, promoviendo la participación activa del estudiante en actividades de investigación y en el uso de la tecnología para que genere estrategias para dar solución a los problemas propios de la industria..

En la primera unidad se abordan los conceptos básicos indispensables para la comprensión de los procesos, así como la importancia de la ingeniería de procesos dentro de la industria de la transformación, los aspectos relacionados con la simulación, instrumentación y optimización, se desarrolla la metodología para el análisis de diagramas de flujo de los procesos y se determinan

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

los grados de libertad de los procesos, se hace un análisis de los diferentes métodos de análisis de procesos, heurístico, evolutivo, algorítmico y análisis de módulos básicos.

En la segunda unidad se abordan contenidos relacionados con modelos matemáticos, terminología, clasificación, modelos matemáticos basados en la naturaleza de las ecuaciones, modelos determinísticos y probabilísticos, modelos lineales y no lineales, de estado estacionario y no estacionario, modelos paramétricos globalizados y distribuidos a, modelos basados en los principios de fenómenos de transporte.

En la tercera unidad se hace una introducción a la simulación, se analizan los criterios de estabilidad y se hacen pruebas de determinación de la sensibilidad y se analizan los métodos de convergencia, se hace simulación de operaciones de transferencia de materia y energía, de reactores biológicos. Y una introducción a programas comerciales de simulación.

En la cuarta unidad se hace una introducción sobre la optimización de procesos se analizan las características de los problemas de optimización se hacen ajuste de datos empíricos a funciones, se establece la función objetivo, se eligen los métodos numéricos para la optimización de funciones no restringidas, el método de Newton, el Semi-Newton, método de la secante y el método de eliminación de regiones. Se analizan y aplican los métodos de optimización de funciones multivariable como métodos directos e indirectos, método de diferencias finitas.

El enfoque sugerido para la materia requiere que las actividades prácticas promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: identificación y operación de variables y datos relevantes; planteamiento de hipótesis; trabajo en equipo; asimismo, propicien procesos intelectuales como inducción-deducción y análisis-síntesis con la intención de generar una actividad intelectual compleja; por esta razón varias de las actividades prácticas se han descrito como actividades previas al tratamiento teórico de los temas, de manera que no sean una mera corroboración de lo visto previamente en clase, sino una oportunidad para conceptualizar a partir de lo observado.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

| Lugar y fecha de elaboración o revisión | Participantes | Observaciones |
|--|---|---|
| Instituto Tecnológico de El Llano de Aguascalientes, del 9 al 12 de diciembre de 2013. | Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Altiplano de Tlaxcala, Celaya, Colima, El Llano Aguascalientes, Hermosillo, Mérida, Reynosa, Superior de Álamo Temapache, Toluca y Veracruz. | Reunión Nacional De Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería en Biotecnología. |
| Desarrollo de Programas en Competencias Profesionales por los Institutos Tecnológicos del 13 de diciembre de 2013 al 3 de marzo de 2014. | Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Celaya y Toluca | Elaboración del programa de estudio propuesto en la Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para la Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales |

| | | |
|---|---|--|
| | | de Ingeniería en Biotecnología. |
| Instituto Tecnológico de El Llano de Aguascalientes, del 4 al 7 de marzo de 2014. | Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Altiplano de Tlaxcala, Celaya, Colima, CRODE Celaya, El Llano Aguascalientes, Hermosillo, Mérida, Reynosa, Superior de Álamo Temapache, Toluca, Veracruz y CIBIOGEM. | Reunión Nacional de Consolidación del Programas en Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería en Biotecnología. |
| Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, del 4 al 7 de diciembre de 2018 | Representantes de los Institutos Tecnológicos de: El Llano Aguascalientes, Celaya y Purísima del Rincón. | Reunión de Seguimiento Curricular de los Programas Educativos de; Ingeniería Aeronáutica, Ingeniería en Minería, Ingeniería en Diseño Industrial e Ingeniería en Biotecnología del Tecnológico Nacional de México. |

4. Competencia(s) a desarrollar

| Competencia(s) específica(s) de la asignatura |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Modela, analiza y simula equipos y procesos de Ingeniería en Biotecnología, aplicando balances de materia de energía y de momento mediante programas informáticos especializados. |

5. Competencias previas

| |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Aplicar el cálculo diferencial e integral. Resolver ecuaciones diferenciales. Resolver sistemas de ecuaciones lineales y no lineales por métodos analíticos y numéricos. Utilizar transformadas de Laplace. Resolver series de Taylor y de Fourier Conocer y aplicar la nomenclatura y las reacciones químicas. Diseñar experimentos Manejar software para el análisis estadístico de datos experimentales. Interpretar datos estadísticos Manejar los conceptos de microbiología y los riesgos inherentes biológicos en la salud y el ambiente Aplicar balances de materia y energía haciendo uso de la primera y segunda ley de la termodinámica. Aplicar conceptos, principios, métodos y criterios para diseñar, seleccionar, operar y adaptar equipos industriales para el manejo y transformación de recursos bióticos. |
|--|

- Aplicar los conceptos y criterios necesarios para adaptar, seleccionar, diseñar, escalar y operar reactores biológicos.
- Diseñar, seleccionar y operar procesos de recuperación y purificación de productos de origen biológico

6. Temario

| No. | Temas | Subtemas |
|-----|----------------------------------|---|
| 1 | Introducción y conceptos básicos | 1.1. Conceptos. 1.1.1. Ingeniería de procesos. 1.1.2. Síntesis de procesos. 1.1.3. Simulación, control y optimización de procesos. 1.2. Análisis de Diagrama de Flujo de Procesos (DFP) y determinación de grados de libertad. 1.3. Método heurístico. 1.4. Método evolutivo. 1.5. Método algorítmico. 1.6. Análisis de módulos básicos |
| 2 | Modelos matemáticos. | 2.1. Terminología de modelos matemáticos 2.2. Clasificación de modelos matemáticos 2.2.1. Teóricos. 2.2.2. Semi-teóricos. 2.2.3. Empíricos. 2.3. Modelos matemáticos basados en la naturaleza de las ecuaciones. 2.3.1. Modelos determinísticos y probabilísticos. 2.3.2. Modelos lineales y no lineales. 2.3.3. Modelos de estado estacionario y no estacionario. 2.3.4. Modelos de parámetros globalizados y distribuidos 2.4. Modelos matemáticos basados en los principios de los fenómenos de transporte. 2.4.1. Descripción molecular y Descripción microscópica. 2.4.2. Descripción de gradiente múltiple y máximo 2.4.3. Descripción macroscópica. |
| 3 | Simulación | 3.1. Introducción a la simulación. 3.2. Criterios de estabilidad. 3.3. Determinación de la sensibilidad. 3.4. Métodos de convergencia. 3.5. Simulación de operaciones de transferencia de materia. |

| | | |
|---|--------------|---|
| | | <p>3.6. Simulaciones de operaciones de transferencia de energía.</p> <p>3.7. Simulación de reactores bioquímicos.</p> <p>3.8. Programas comerciales de simulación.</p> <p>3.8.1. Introducción al uso de simuladores comerciales: Aspen, Hysim, Superpro, Biopro, MathLab, Simnon, Hysys, entre otros.</p> <p>3.8.2. Aplicación de simuladores comerciales a problemas de proceso biotecnológicos.</p> |
| 4 | Optimización | <p>4.1. Introducción a la optimización.</p> <p>4.1.1. Características de los problemas de optimización.</p> <p>4.1.2. Ajuste de datos empíricos a funciones.</p> <p>4.1.3. Función objetivo.</p> <p>4.2. Optimización de funciones no restringidas.</p> <p>4.2.1. Métodos numéricos para optimización de funciones.</p> <p>4.2.2. Método de Newton.</p> <p>4.2.3. Método de Semi-Newton (Quasi-Newton).</p> <p>4.2.4. Método de la Secante.</p> <p>4.2.5. Métodos de eliminación de regiones.</p> <p>4.3. Optimización de funciones multivariables.</p> <p>4.3.1. Métodos Directos.</p> <p>4.3.2. Métodos Indirectos.</p> <p>4.3.3. Método de Diferencias Finitas.</p> <p>4.4. Aplicaciones de optimización en biotecnología.</p> |

7. Actividades de aprendizaje de los temas

| 1. Introducción y conceptos básicos | |
|---|---|
| Competencias | Actividades de aprendizaje |
| <ul style="list-style-type: none"> Específica(s): Analiza procesos con metodologías que permitan el desarrollo, la transferencia y la adaptación de tecnologías para el aprovechamiento de los recursos bióticos. Analiza equipos y procesos a través de metodologías que permitan identificar | <ul style="list-style-type: none"> Establece las condiciones de operación de una industria biotecnológica aplicando la metodología de Módulos básicos. Investiga y describe ejemplos de modelos heurísticos, algorítmicos y evolutivos del área de Ingeniería en Biotecnología. |

| | |
|---|--|
| <p>las variables que los definen y las rutas de solución.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Genéricas: Capacidad de análisis y síntesis • Capacidad de organizar y planificar • Comunicación oral y escrita • Habilidades básicas de manejo de la computadora • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Habilidades de investigación • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad) | <ul style="list-style-type: none"> • Identifica las variables de diseño, las definidas y las calculadas de equipos y procesos, mediante el algoritmo de Lee-Rudd • Propone rutas para la solución de procesos mediante el análisis de diagrama de flujo. |
| 2. Modelos matemáticos | |
| Competencias | Actividades de aprendizaje |
| <p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modela equipos y procesos de Ingeniería en biotecnología, aplicando balances de materia, de energía y de momento. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis • Capacidad de organizar y planificar • Comunicación oral y escrita • Habilidades básicas de manejo de la computadora • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Habilidades de investigación • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad) | <ul style="list-style-type: none"> • Realiza modelos matemáticos que describen equipos mediante balances macroscópicos y microscópicos de materia • Realiza modelos matemáticos que describen equipos mediante balances macroscópicos y microscópicos de energía, así como la transferencia de ésta. • Realiza modelos matemáticos que describen equipos mediante balances macroscópicos y microscópicos de momento • Modela un proceso que describa el funcionamiento de una industria biotecnológica |
| 3. Simulación | |
| Competencias | Actividades de aprendizaje |
| <p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Simula equipos y procesos de Ingeniería en Biotecnología, mediante software libre y comercial. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis • Capacidad de organizar y planificar • Comunicación oral y escrita | <ul style="list-style-type: none"> • Investiga y explica las bases de métodos numéricos para resolver ecuaciones diferenciales ordinarias y sistemas de ecuaciones no lineales • Resuelve ecuaciones diferenciales ordinarias desarrollando los métodos numéricos de Gauss y de Runge Kutta • Resuelve sistemas de ecuaciones no lineales desarrollando los métodos numéricos de Newton-Raphson, Wegstein, falsa posición, entre otros |

| | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Habilidades básicas de manejo de la computadora Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica Habilidades de investigación Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad) | <ul style="list-style-type: none"> Resuelve problemas de simulación de diversos equipos del área de Ingeniería en Biotecnología utilizando software libre o comercial que permita resolver ecuaciones diferenciales ordinarias y sistemas de ecuaciones no lineales tal como Matlab, Maple, Octave, Maxima, etc) Simula procesos simples empleando software especializado como Simulink, Comsol o Chemcad Investiga y explica las bases de métodos numéricos para optimizar funciones no restringidas y multivariantes |
| 4. Optimización | |
| Competencias | Actividades de aprendizaje |
| <p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Optimiza equipos y procesos de Ingeniería en biotecnología, mediante software libre y comercial <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de análisis y síntesis Capacidad de organizar y planificar Comunicación oral y escrita Habilidades básicas de manejo de la computadora Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica Habilidades de investigación Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad) | <ul style="list-style-type: none"> Resuelve problemas de optimización empleando métodos numéricos: Newton, Quasi-Newton, Secante, eliminación de regiones y diferencias finitas Resuelve problemas de optimización de funciones no restringidas utilizando software libre o comercial como Aspen, Hysim, Superpro, Biopro, MathLab, Simnon, Hysys, Maple, Octave, Maxima, entre otros. Resuelve problemas de optimización de funciones multivariantes utilizando software libre o comercial como Aspen, Hysim, Superpro, Biopro, MathLab, Simnon, Hysys,, Maple, Octave, Maxima, entre otros. |

8. Práctica(s)

| |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Se sugiere una actividad integradora, que permita relacionar y aplicar los conceptos analizados durante el curso. En las actividades prácticas sugeridas, es conveniente que el profesor busque sólo guiar a sus alumnos para que ellos hagan la elección de las variables a controlar y registrar. Para que aprendan a planificar, que sean autónomos, capaces de generar su propio aprendizaje. Esto permite dar un cierre a la materia mostrándola como indispensable en el desempeño profesional, independientemente de la utilidad que representa en el tratamiento de temas en materias posteriores. Desarrollo de un proyecto integrador que contemple: Establecer las condiciones de operación de una planta de la industria biotecnológica de la región, aplicando la metodología de Módulos básicos. |
|--|

- Identifica las variables de diseño, las definidas y las calculadas de equipos y procesos, mediante el algoritmo de Lee-Rudd
- Propone rutas para la solución de procesos mediante el análisis de diagrama de flujo.
- Realiza modelos matemáticos que describen equipos mediante balances macroscópicos y microscópicos de materia.
- Realiza simulaciones y propone alternativas de mejora al proceso
- La lista de actividades de aprendizaje no es exhaustiva, se sugieren sobre todo las necesarias para hacer más significativo y efectivo el aprendizaje. Algunas de las actividades sugeridas pueden hacerse como actividad extra clase y comenzar el tratamiento en clase a partir de la discusión de los resultados de las observaciones. Se busca partir de experiencias concretas, cotidianas, para que el estudiante se acostumbre a reconocer los fenómenos físicos en su alrededor y no sólo se hable de ellos en el aula. Es importante ofrecer escenarios distintos, ya sean contruoidos, artificiales, virtuales o naturales.

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de "evaluación para la mejora continua", la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

10. Evaluación por competencias

- Descripción de otras experiencias concretas que podrían realizarse adicionalmente, como paneles, conferencias, mesas redondas, congresos, concursos académicos y temas expuestos.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.
- Realizar evaluaciones de las actividades de aprendizaje y las entregue en tiempo y forma. Con lecturas profunda de todas las lecturas propuestas.
- La expresión con claridad en clase ante las interrogantes conceptuales y reflexivas, sus ideas apoyen el diálogo constructivo y propositivo.
- Traer materiales adicionales a la materia para enriquecer el contenido de la misma.

- Entrega a tiempo sus evidencias, imprimiendo un toque personal en la presentación de las mismas, en tiempo y forma.
 - Presentación e informes de las investigaciones documentales realizadas.
 - Revisión de problemas asignados.
 - Entrega de reportes y solución de cuestionarios sobre las prácticas.
 - Reporte de visitas a industrias.
 - Resúmenes, mapas conceptuales y mentales de los temas.
- Llegar a todas las sesiones temprano y permanecer en clases con una actitud de apertura al nuevo conocimiento y aportando ideas que favorezcan la actitud personal y del grupo ante el crecimiento intelectual.

11. Fuentes de información

- Beveridge, S.G. Optimization: Theory and practice. Mc Graw Hill. New York. 1997.
- Biegler L.T., Grossmann I.E. y Westerberg, A.W. Systematic Methods of Chemical Process Design. Prentice Hall International Series in the Physical and Chemical Engineering Series. U.S.A. 1997.
- Douglas, James M. Conceptual Design of Chemical Processes. McGraw Hill. N.Y. 1988.
- Duran, M. A. y Grossmann, I. E. Simultaneous Optimization and Heat Integration of Chemical Processes. AIChE Journal, Vol. 32 pp 123. 1986.
- Edgar, T.F., Himmelblau, D.M y Lasdon, L.S. Optimization of Chemical Processes 2nd Edition. McGraw-Hill International Editions Chemical Engineering Series. New York 2001.
- Fikret M.L. y Shuler, K. Bioprocess Engineering: Basic Concepts, 2/E. ISBN-10: 0130819085 · ISBN-13: 9780130819086. 2002 · Prentice Hall
- Franks Rogers, G.E. Modeling and Simulation in Chemical Engineering. Wiley Interscience. New York 2002.
- Himmelblau, D. M. y Bischoff, K.B. Análisis y Simulación de Procesos. Reverté, S.A. España. 1992.
- Jiménez Gutiérrez Arturo. Diseño de Procesos en Ingeniería Química. Reverté, S.A. España. 2003
- Luyben, W. L. Process Modeling: Simulation and Control for Chemical Engineering. Mc Graw-Hill, New York. 1990.
- Nagdir, V.M. & Liu, Y.A. Studies in Chemical Process Design and Synthesis: Part V: A simple Heuristic Method for Systematic Synthesis of Initial Sequences for Multicomponent Separations AIChE Journal Vol.29, No. 6 U.S.A 1983
- Perry, R. Manual del Ingeniero Químico (Cap 22). Mac Graw-Hill, N.Y. USA. 1992.
- Rousseau, R. W. Handbook of Separation Process Technology. John Wiley and Sons. New York. USA. 1987.



- Seider W.D., Seader J. D., Lewin D.R. y Widagdo S.i. Product and process design principles synthesis analysis and evaluation 3rd Edition Wiley. 2009
- Shuler M. L., Kargi F. (2001). Bioprocess Engineering: Basic Concepts. 2nd. Edition. Pearson New International Edition. ISBN-10: 0130819085. United Kingdom.
- Turton, R., Bailie, R. C., Whiting, W. B., Shaeiwitz, J. A., Bhattacharyya, D. (2012). Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes. Prentice Hall International. Fourth Edition. ISBN: 0132618125. United State.
- Ulrich, G.D. Procesos de Ingeniería Química. Diseño y Economía de los procesos de Ingeniería Química. Nueva Editorial Interamericana. S.A. de C.V. México. 1986
- Weuster-Botz D. Bioprocess and Biosystems Engineering. ISSN: 1615-7591 (print versión). ISSN: 1615-7605 (electronic version). Springer.