



Ministerio de Cultura y Educación
 Universidad Nacional de San Luis
 Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias
 Departamento: Ingeniería de Procesos
 Área: Procesos Químicos

(Programa del año 2022)

I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
(Asignaturas Optativas-Plan Ord. C.D.)	INGENIERÍA QUÍMICA	Ord 24/12 -17/2 2	2022	2° cuatrimestre

N°024/12) Optativa: Introducción al modelado y

II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
ARDISSONE, DANIEL	Prof. Responsable	P.Tit. Exc	40 Hs
TONELLI, FRANCO	Prof. Colaborador	P.Adj Exc	40 Hs

III - Características del Curso

Credito Horario Semanal				
Teórico/Práctico	Teóricas	Prácticas de Aula	Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc.	Total
8 Hs	Hs	Hs	Hs	8 Hs

Tipificación	Periodo
C - Teoría con prácticas de aula	2° Cuatrimestre

Duración			
Desde	Hasta	Cantidad de Semanas	Cantidad de Horas
01/09/2022	30/11/2022	15	120

IV - Fundamentación

Bajo el método científico, se consolidan leyes y teorías en diversas ramas del conocimiento, las cuales son expresables por medio de sistemas de ecuaciones diferenciales. En otras palabras, se logra construir un nuevo sistema, del cual conocemos sus reglas de juego y símbolos, como un resultado de un proceso de abstracción de la realidad. Obviamente, dado la infinita complejidad de los fenómenos fisicoquímicos, estas construcciones abstractas, conocidas genéricamente como modelos, son sólo meras aproximaciones de la realidad. En efecto, no es otra cosa lo que se realiza cuando en física utilizamos ecuaciones para describir el movimiento de una partícula, o resolvemos los balances correspondientes aplicando las leyes de conservación de la materia, energía o cantidad de movimiento; o bien cuando nos enfrentamos al diseño de un equipo según los procedimientos que conocemos a partir del campo de las operaciones unitarias.

De aquí se desprende que si bien el sistema real a estudiar es único, puede existir un número muy grande de modelos asociados al mismo. En efecto, para obtener un modelo que pueda resolverse (es decir que sea útil), resulta necesario adoptar un conjunto de hipótesis. Por ejemplo, si consideramos la fricción, si es importante o no contemplar el intercambio de energía por radiación, si existen y se consideran los efectos electromagnéticos, etc. Las necesidades de exactitud que el problema a resolver nos impone, determinan el conjunto de hipótesis a utilizar. Por ejemplo, el error de una milésima de grado en el cálculo de un ángulo puede no tener implicancias en el punto de impacto de un proyectil que recorre una distancia pequeña,

pero no puede afirmarse lo mismo para una trayectoria intergaláctica. En síntesis, dado el sistema real y los objetivos tecnológicos perseguidos, existirá un conjunto de hipótesis adecuadas que determinarán las características del modelo, o sistema de ecuaciones a resolver. Lo expresado recientemente implica una relación entre modelo (conjunto de hipótesis asumidas) y objetivos del ingeniero.

Resulta evidente que no todo sistema de ecuaciones puede resolverse fácilmente, al menos desde el punto de vista analítico. Esto impuso a lo largo de la historia limitaciones importantes al tipo de modelos que podían resolverse, o de otra forma, la necesidad de recurrir a hipótesis inadecuadas o restrictivas (super- simplificaciones) para al menos poder tratar el problema. Es por ello también que en los orígenes de las ciencias tecnológicas los modelos podían ser considerados en gran medida como empíricos, esto es, con parámetros incorporados que surgían de experiencias, y no a partir de los primeros principios o leyes fundamentales. No debe extrañar que aún hoy, pese a todos nuestros avances, exista la necesidad de utilizar permanentemente parámetros en nuestros modelos, que no son otra cosa que la medida de nuestra ignorancia, y por lo tanto, implican la necesidad de reemplazar las leyes básicas por aproximaciones causales obtenidas de datos experimentales. Este es el caso por ejemplo de la estimación de las propiedades de equilibrio de mezclas de comportamiento altamente no ideal.

A medida que evolucionaron las diversas ramas de las matemáticas y con el advenimiento de la ciencia de la computación, poderosa herramienta complementaria al análisis numérico y simbólico, se abrieron caminos revolucionarios. Contar con herramientas más potentes para resolver sistemas de ecuaciones, o lo que es lo mismo, relativizar la necesidad de adoptar hipótesis inadecuadas al plantear modelos para resolver problemas complejos, resultó un gran paso adelante. Más aún, la velocidad de cálculo provocó que la dimensión abordable se incrementara rápidamente. En efecto, si bien el grado de complejidad conceptual para resolver la inversa de una matriz de dimensión tres es equivalente al de una de cinco mil, resulta obvio que la complejidad operativa o fáctica no resulta comparable. La computación ha barrido literalmente con dicha limitación, haciendo ahora tratables problemas cuya dimensión es tal, que décadas atrás ni siquiera era pensable plantearlos. Dentro de este contexto, el propósito de la asignatura es mostrar cómo implementar modelos para resolver problemas comunes en el campo de la ingeniería química, cómo resolverlos desde el punto de vista computacional, y otro punto importante, qué tipos de problemas (modelos) surgen al cubrir distintos aspectos de la ingeniería. En este punto resulta necesario comentar que los problemas de diseño, optimización, simulación dinámica o estacionaria, supervisión o diagnóstico de fallas en tiempo real, etc., tienen cada uno particularidades específicas, lo cual a su vez implica la conveniencia de utilizar modelos apropiados para cada caso.

En efecto, por ejemplo no resulta equivalente analizar el funcionamiento de una planta química dada (conocemos su estructura) que diseñar el proceso contando sólo con los datos de las materias primas disponibles y los productos deseados. Al igual que en arquitectura, cuando nos enfrentamos al diseño de una estructura para un fin determinado, existirán por lo general, un número muy grande de alternativas para analizar. Por lo tanto, aquí el modelo deberá contener variables estructurales, además de las habituales. Ello implica un problema difícilmente traducible a ecuaciones matemáticas. En función de nuestro estado de conocimiento actual, el diseño de un proceso sigue siendo más un arte que ciencia, o lo que es equivalente, depende en una gran parte del juicio creativo del diseñador, además de la aplicación de reglas formales del análisis lógico-matemático. Por lo tanto, deberá encapsularse dicho conocimiento en el pretendido modelo.

Métodos numéricos como herramienta para el modelado de procesos en ingeniería química.

Como veremos, la simulación digital constituye una poderosa herramienta para la resolución de las ecuaciones que describen a los sistemas en ingeniería química. Las principales dificultades que se plantean son principalmente:

- a) Encontrar la solución de un sistema de ecuaciones algebraicas no lineales.
- b) Efectuar la integración numérica de ecuaciones diferenciales ordinarias y en derivadas parciales mediante ecuaciones sincretizadas en diferencias finitas que aproximan a las soluciones de las ecuaciones diferenciales continuas.

Los métodos numéricos son una clase de algoritmos para resolver una amplia variedad de problemas matemáticos.

Únicamente se emplean operaciones lógicas y aritméticas; por consiguiente, pueden implementarse fácilmente sobre computadoras digitales.

En realidad, los métodos numéricos fueron desarrollados muchos años antes que surgieran las computadoras electrónicas digitales. En efecto, un gran número de los métodos numéricos usualmente utilizados datan de los comienzos de las matemáticas modernas. Sin embargo, el empleo de tales métodos estuvo restringido hasta el advenimiento de las computadoras, incrementándose dramáticamente al llegar a la mayoría de edad con la introducción de las computadoras electrónicas digitales.

La combinación de métodos numéricos y computadoras digitales constituye una poderosa herramienta para el análisis matemático. Por ejemplo, los métodos numéricos son capaces de manejar no linealidades, modelos asociados a geometrías complejas y sistemas de ecuaciones acopladas que son necesarios para el modelado eficiente de muchos sistemas fisicoquímicos que se presentan en ingeniería.

En la práctica, rara vez se consideran enfoques analíticos a los problemas de ingeniería en razón de la complejidad de los sistemas a resolver. Aún en problemas para los que podrían obtenerse con cierto esfuerzo soluciones analíticas, los métodos numéricos son poco costosos, fáciles de emplear y con frecuencia se dispone de ellos en programas comerciales.

La primera pregunta que uno se formula es si existe algún límite a la capacidad de cálculo de los métodos numéricos. La respuesta es afirmativa. Es sabido que si un problema no puede resolverse analíticamente, lo mejor es programarlo en una computadora (mediante un algoritmo adecuado). Este punto de vista se debe, sin lugar a dudas, al enorme poder de cálculo de los métodos numéricos. Sin embargo, también es cierto que existen muchos problemas que son imposibles de resolver utilizando métodos numéricos. Para diversos problemas no se ha encontrado todavía un modelo matemático completo y seguro, de manera que resulta obvio que es imposible encontrarles una solución numérica. La dimensión de otros problemas es tan grande que su solución está más allá de los límites prácticos en términos de la tecnología computacional disponible. Por ejemplo, en problemas fluido-dinámicos que involucran flujos turbulentos, en estimaciones meteorológicas o climáticas (campos de vientos, presiones, temperaturas, etc.), y como veremos más adelante, en diversos problemas que se plantean en el área de la ingeniería química, existen serias limitaciones en el área de diseño y de optimización en tiempo real, etc.

En los últimos años se han desarrollado grandes programas computacionales comerciales para simular el comportamiento de sistemas de ingeniería de todo tipo. Usualmente, estos programas se diseñan para que sean utilizados por aquellos profesionales de la ingeniería sin un conocimiento intensivo de su funcionamiento interno.

Por otra parte, existen bibliotecas (en continua expansión) de subrutinas de cálculo que utilizan sofisticados métodos numéricos para realizar una amplia variedad de tareas matemáticas, cubriendo virtualmente todos los campos del análisis numérico, aplicaciones estadísticas, etc. De cara a estos hechos uno podría verdaderamente sorprenderse si existiese por parte de los profesionales de la ingeniería la necesidad de adquirir un conocimiento funcional de los métodos numéricos y de programación. Resulta obvio que cuando se disponga de programas enlatados o subprogramas que han sido probados y demostrado su buen funcionamiento, lo más razonable es utilizarlos. No obstante, es altamente valorable el conocimiento del funcionamiento de tales herramientas, dado que por lo general el usuario de tales programas o subrutinas encontrará dificultades en su utilización. Estas dificultades pueden provenir de múltiples causas. Por ejemplo, es necesario remarcar que los métodos numéricos no están completamente libres de dificultades en todas las situaciones en las que se los utilice. Por otra parte, aún en el caso que no presenten dificultades de cálculo, podrían no funcionar de manera óptima en todas las situaciones que se planteen.

Siempre debe tenerse presente que la exactitud y la estabilidad numérica afectan a la ecuación discretizada utilizada (algoritmo de integración). En la literatura respectiva se han propuesto muchos algoritmos. Algunos de ellos trabajan mejor que otros sobre determinados problemas (por ejemplo más rápido y por consiguiente son menos costosos para un grado especificado de exactitud). Desafortunadamente no existe un algoritmo que funcione en forma óptima para todos los problemas que se plantean.

Por otra parte, el usuario en búsqueda de una subrutina de cálculo para realizar una determinada tarea, puede encontrar una agobiante variedad de subprogramas que pueden ser aplicables, pero el material descriptivo rara vez dará una indicación sobre la eficiencia de la subrutina para resolver un problema específico. Esto sucede además, en la mayoría de los productos comerciales más elaborados, por ejemplo, para el modelado en ingeniería.

Dentro de este contexto, es muy probable que el ingeniero Químico que espera utilizar un programa enlatado o una subrutina de una biblioteca para resolver un problema matemático determinado enfrente dificultades inesperadas, a menos que tenga una preparación adecuada. En efecto, la selección y aplicación de un método numérico en una situación específica, por lo general resulta más una actividad propia de un arte que de una ciencia. Por último, nunca resulta trivial la interpretación de los resultados obtenidos.

Por consiguiente, el usuario que no tenga la habilidad ni el conocimiento para seleccionar y utilizar un método numérico para aplicar a un problema específico y efectuar la programación del método, encontrará una severa restricción en el rango de problemas que puede manejar. En general deberá buscar a alguien con la información necesaria, si es que existe ese alguien a quien consultar. Más aún, en esta situación resultará poco probable que el usuario pueda formular las preguntas correctas y el consultor suministrar las respuestas adecuadas, dado que el nivel de conocimientos de ambos resultaría muy diferente, dificultando la comunicación entre ambos.

En síntesis, en los últimos tiempos se ha desarrollado una gran variedad de paquetes informáticos para resolver numéricamente sistemas de ecuaciones que se plantean en problemas de modelado en ingeniería. En teoría, estos paquetes relevan al ingeniero de adquirir conocimientos acerca de los métodos de integración numérica. Supervisan automáticamente los errores y la estabilidad del método ajustando el paso o intervalo de integración para satisfacer un criterio de exactitud. En la práctica, es sabido que estos lenguajes no resuelven todos los problemas. En su puja por generalizar, usualmente se vuelven ineficientes en muchas aplicaciones específicas, por ejemplo, desde el punto de vista del tiempo computacional. En estos casos resulta más conveniente desarrollar un programa ad-hoc escrito, por ejemplo, en lenguaje FORTRAN, BASIC o PASCAL.

Con respecto a los productos informáticos que utilizan para el modelado un lenguaje de alto nivel, debe remarcarse que el tiempo de formulación y de resolución del modelo se reduce, en especial para aquellos ingenieros que no dominan métodos de programación y utilizan a la computadora ocasionalmente; aunque se espera que en el futuro cercano, casi todos los estudiantes avanzados y graduados en ingeniería obtendrán un manejo adecuado de lenguajes de programación. Cualquiera sea la situación, es evidente que la utilización de un paquete integrado que facilite escribir un modelo para simulación y permita directamente la resolución numérica requiere el aprendizaje de un nuevo lenguaje y de un nuevo utilitario.

En el caso que se conozca algún lenguaje de programación, dado que las técnicas numéricas programadas de manera sencilla funcionan bien, deberá compararse el esfuerzo que implica desarrollar un programa específico para el problema que se desea resolver, con el uso de programas enlatados. En efecto, la experiencia demuestra que es más conveniente el desarrollo propio, ya que no sólo es computacionalmente más eficiente, sino que además garantiza al estudiante o ingeniero el conocimiento de cómo funciona el programa (por ejemplo, un simulador para un equipo dado) y cuáles son las hipótesis realizadas y las técnicas utilizadas. Esta metodología permite la supervisión del programa y su modificación, para manejar de manera más fácil y eficiente nuevas situaciones que se planteen.

Una solución intermedia es programar el modelo particular (sistema específico de ecuaciones a resolver), utilizando para el cálculo alguno de los métodos enlatados disponibles para tal fin, aprovechando la disponibilidad de los numerosos paquetes numéricos de resolución, tanto de sistemas de ecuaciones algebraicas como de ecuaciones diferenciales, ordinarias o a derivadas parciales. En muchos lugares (universidades, institutos de investigación, etc.) y en el mercado, se dispone de bibliotecas de subrutinas de cálculo como las IMSL, IBM, Numerical Recipes, entre otras.

En general, para cada rama, tanto de las matemáticas, de la estadística y/o de las aplicaciones de ingeniería, se han presentado en el mercado un gran número de aplicaciones para resolver muchos problemas de modelado de procesos, tales como diseño, simulación, síntesis, optimización, etc. Además, desde el punto de vista del alcance, los hay diseñados para un uso general así como para uno específico (por ejemplo, hornos, procesos petroquímicos, procesos que manipulan sólidos, sistemas con electrolitos, reactores biológicos, síntesis de moléculas, etc.).

En definitiva, existe una acuciante necesidad para que el ingeniero adquiera un profundo conocimiento acerca del funcionamiento de los métodos numéricos y las aplicaciones informáticas, a partir de lo cual, como usuario de computación, podrá seleccionar, modificar, adaptar o programar un método adecuado para cualquier tarea específica que emprenda; ayudarse en la selección y uso de programas enlatados y en subrutinas de bibliotecas y facilitar su comunicación con especialistas en una forma inteligente y eficiente, toda vez que se requiera efectuar una consulta.

V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

Objetivo general

Aplicar herramientas informáticas para el modelamiento y simulación de procesos en las áreas de Termodinámica e Ingeniería de las Reacciones Químicas, para incorporarse los procesos Físicos y Químicos de la carrera de Ingeniería Química en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuaria de la UNSL.

Objetivos específicos

Presentar a la Simulación de Procesos como una herramienta moderna y eficiente para el estudio de Procesos en carrera Ingeniería Química y sus áreas de aplicación en las industrias de proceso químico, Físicos, Petroquímicos, biológicos y el desarrollo de proyectos de investigación.

Predecir el comportamiento de procesos asociados a las áreas de Termodinámica e Ingeniería de las reacciones químicas a través del modelamiento matemático, termodinámico o cinético del proceso.

Visualizar los resultados de la simulación y las interacciones entre las variables y parámetros de diseño y operación que intervienen en los procesos.

VI - Contenidos

Tema 1: "INTRODUCCIÓN AL MODELADO Y LA SIMULACIÓN"

Conceptos fundamentales. Métodos de simulación en base a modelos. Método modular secuencial. Método orientado a ecuaciones. Método modular simultáneo. Modelado orientado a los procesos. Pasos en un estudio de simulación.

Tema 2: "MODELO PARA CALCULAR LAS PROPIEDADES TERMODINÁMICA DE PROCESOS EN EQUILIBRIO"

Introducción a los Sistemas termodinámicos. Equilibrio líquido-vapor. Correlaciones para la estimación de la presión de vapor. Ecuación de Antoine. Ecuación de Miller modificada. Ecuación de Wagner. Ecuación de Frost-Kalkwarf-Thodos. Ecuación de Lee y Kesler. Ecuación de Gómez-Nieto y Thodos. Estimación de presión de vapor de cortes de petróleo. Equilibrio líquido-vapor en sistemas semi-ideales. Propiedades termodinámicas de mezclas ideales a bajas presiones. Propiedades termodinámicas de mezclas ideales a presiones bajas a moderadas

Tema 3: “MODELO DE EQUILIBRIO DE FASES EN SISTEMAS NO IDEALES”

Teoría de soluciones regulares y correlaciones de Chao-Seader y Grayson- Streed. Ecuaciones que describen coeficientes de actividad de la fase líquida. Ecuación de Margules. Ecuación de Van Laar. Ecuación de Wilson. Ecuación NRTL. Ecuación UNIQUAC. El método UNIFAC. Uso de datos experimentales para calcular constantes. Coeficientes de actividad a partir del azeótropo. Coeficientes de actividad a partir de los datos de la curva de equilibrio líquido-vapor. Coeficientes de actividad a partir de la discrepancia de energía libre. Coeficientes de actividad a dilución infinita. Correlación de Pierotti, Deal y Derr para estimar coeficientes de actividad a dilución infinita.

Tema 4: “MODELO DE EQUILIBRIO LIQUIDO-VAPOR A ALTAS PRESIONES”

Modelos para la fase vapor a presiones altas. Fenómenos críticos en las mezclas a altas presiones. Selección del método para la predicción de propiedades del equilibrio líquido-vapor.

Tema 5: “MODELO PARA CALCULAR PROPIEDADES DE PROCESOS TÉRMICOS”

Entalpías de exceso. Métodos para la estimación del calor latente de vaporización. Correlaciones para calor latente de vaporización basadas en la ecuación de Clausius-Clapeyron. Correlaciones para calor latente de vaporización basadas en la ley de estados correspondientes. Correlación de Pitzer modificada. Correlación de Riedel. Influencia de la temperatura en el calor latente de vaporización. Calor latente de vaporización de mezclas de líquidos. Métodos para la estimación de la capacidad calorífica. Capacidad calorífica de gases ideales. Capacidad calorífica de mezclas de gases ideales. Capacidad calorífica de líquidos puros. Método de Rowlinson. Método de Missenard. Capacidad calorífica de mezclas de líquidos. Densidades de líquidos. Densidades de líquidos puros. Densidad en el punto normal de ebullición. Correlación de Hankinson y Thomson. Método de Rackett modificado. Densidades de mezclas de líquidos.

Tema 6: “MODELO PARA DETERMINAR PROPIEDADES TERMODINÁMICA DE TRANSPORTE”

Viscosidad. Viscosidad de gases. Viscosidad de líquidos. Conductividad térmica de gases a baja presión. Conductividad térmica de mezclas de gases a baja presión. Conductividad térmica de líquidos. Coeficientes de difusión.”

Tema 7: “SIMULACIÓN DE PROCESOS QUÍMICOS”

Introducción, clasificación de los métodos de simulación, simuladores de procesos químicos complejos. Simuladores de procesos en estado estacionario modulares secuenciales vs. Simuladores globales. Estructura de un simulador modular secuencial en estado estacionario, modelado de equipos para simulación de procesos. Programación de módulos de simulación, breve descripción de los distintos módulos de equipos presentes en un simulador modular de procesos químicos. Aspectos básicos a tener en cuenta en el uso de un simulador de procesos modular secuencial en estado estacionario.

VII - Plan de Trabajos Prácticos

Realización de trabajos prácticos de aula con asistencia de computadora aplicando software específico de programación avanzada y simuladores comerciales.

VIII - Regimen de Aprobación

A - METODOLOGÍA DE DICTADO DEL CURSO:

La metodología empleada para el dictado del curso consiste en la exposición oral de cada uno de los temas del presente programa, utilizando recursos tecnológicos tales como PC y proyector, y usando las herramientas digitales disponibles; para tal fin se emplea Power Point. Se acompaña la exposición con el uso del pizarrón.

Tal como se mencionó en el ítem anterior (Ítem VII) la metodología del curso se apoya sobre el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), es por ello que los exámenes parciales y sus respectivos recuperatorios seguirán la misma modalidad descripta en dicho ítem. A su vez, para conformar globalmente parte de la evaluación, se brinda una retroalimentación de

forma presencial y personal entre los profesores y el/la estudiante para resaltar aspectos importantes del examen parcial; si se observan características similares se discuten en conjunto.

B - CONDICIONES PARA REGULARIZAR EL CURSO

Para regularizar el curso, es requisito que los alumnos:

- Asistir como mínimo al 80% de las clases teórico-prácticas.
- Aprobar dos evaluaciones parciales de carácter práctico, o sus correspondientes recuperaciones (2), con un mínimo de 7 (siete) puntos.

Fecha tentativa primera evaluación: 22/SET/2015.

Fecha tentativa segunda evaluación: 09/NOV/2015.

C – RÉGIMEN DE APROBACIÓN CON EXÁMEN FINAL

- Se requiere la aprobación de un examen oral individual sobre aspectos teóricos de la asignatura.

D – RÉGIMEN DE PROMOCIÓN SIN EXAMEN FINAL

Condiciones para promocionar el curso:

- Podrán cursar por este régimen aquellos alumnos que hayan aprobados las asignaturas correlativas requeridas por el plan de estudios hasta la fecha determinada por el calendario académico, y figuren en condición de promocional en el sistema de alumnos.
- Asistir como mínimo al 80% de las clases teórico-prácticas.
- Aprobar dos evaluaciones parciales de carácter práctico, o sus correspondientes recuperaciones, con un mínimo de 7 (siete) puntos.
- Aprobar dos evaluaciones sobre conceptos teóricos de la asignatura, con un mínimo de 7 (siete) puntos. Tales evaluaciones se tomarán en fechas a convenir con los alumnos, en el transcurso del cuatrimestre.
- Aprobar un coloquio integrador, que se tomará en la semana siguiente a la finalización del cuatrimestre.

E – RÉGIMEN DE APROBACIÓN PARA ESTUDIANTES LIBRES

- Para el/la estudiante que cursó la asignatura y quedó libre por parciales, habiendo aprobado todas las instancias de trabajos prácticos de laboratorio. Se requiere:

1. Aprobar un examen escrito, de carácter eliminatorio, que consistirá en la resolución de problemas basado en los trabajos prácticos de aula.
2. Aprobar un examen oral de los temas teóricos del curso.

- Para el/la estudiante que no cursó la asignatura. Se requiere:

1. Aprobar un examen escrito, que consistirá en la resolución de problemas basado en los trabajos prácticos de aula.
2. Aprobar un examen oral de los temas teóricos del curso.

Cada instancia tiene carácter eliminatorio.

IX - Bibliografía Básica

- [1] 1. Manuales del(de los) simulador(es) con que cuente la institución
- [2] 2. Franks, R. G. E. Modeling and Simulation in Chemical Engineering. Wiley – Interscience.
- [4] 3. Crowe, C. M., Hamielec, A. E., Hoffman, T. W. y Johnson, A. I. Chemical Plant Simulation. Prentice – Hall.
- [6] 4. Carnahan, B., Luther, H. A. y Wilkes, J. O. Applied Numerical Methods. John Wiley & Sons.
- [8] 5. Bird, R. B., Stewart, W. E. y Lightfoot, E. N. Fenómenos de Transporte. Reverté.
- [9] 6. Walas, S. Reaction Kinetics for Chemical Engineers. McGraw – Hill.
- [10] 7. Levenspiel, O. Ingeniería de Reacciones Químicas. Reverté.
- [11] 8. Reklaitis, G. V. y Schneider, D. R. Balances de Materia y Energía. Nueva Editorial Interamericana.
- [12] 9. Motard, R. L., Schacham, M. y Rosen, E. M. Steady State Chemical Process

- [14] Simulation. AIChE Journal, 21, 417, 1975.
[15] 10. Földér, R. M. y Rousseau, R. W. Principios Básicos de los Procesos Químicos.
[16] El Manual Moderno.
[17] 11. Jiménez Gutiérrez, Arturo. Diseño de Procesos en Ingeniería Química. Reverté,
[18] 2003.
[19] 12. Rudd, Dale F., Powers, Gary J. & Sirola, Jeffrey J. Process Synthesis. Prentice
[20] – Hall.

X - Bibliografía Complementaria

- [1] 1. Manuales del(de los) simulador(es) con que cuente la institución
[2] 2. Franks, R. G. E. Modeling and Simulation in Chemical Engineering. Wiley –
[3] Interscience.
[4] 3. Crowe, C. M., Hamielec, A. E., Hoffman, T. W. y Johnson, A. I. Chemical Plant
[5] Simulation. Prentice – Hall.
[6] 4. Carnahan, B., Luther, H. A. y Wilkes, J. O. Applied Numerical Methods. John
[7] Wiley & Sons.
[8] 5. Bird, R. B., Stewart, W. E. y Lightfoot, E. N. Fenómenos de Transporte. Reverté.
[9] 6. Walas, S. Reaction Kinetics for Chemical Engineers. McGraw – Hill.
[10] 7. Levenspiel, O. Ingeniería de Reacciones Química. Reverté.
[11] 8. Reklaitis, G. V. y Schneider, D. R. Balances de Materia y Energía. Nueva
[12] Editorial Interamericana.
[13] 9. Motard, R. L., Schacham, M. y Rosen, E. M. Steady State Chemical Process
[14] Simulation. AIChE Journal, 21, 417, 1975.
[15] 10. Földér, R. M. y Rousseau, R. W. Principios Básicos de los Procesos Químicos.
[16] El Manual Moderno.
[17] 11. Jiménez Gutiérrez, Arturo. Diseño de Procesos en Ingeniería Química. Reverté,
[18] 2003.
[19] 12. Rudd, Dale F., Powers, Gary J. & Sirola, Jeffrey J. Process Synthesis. Prentice
[20] – Hall.

XI - Resumen de Objetivos

XII - Resumen del Programa

Tema 1: “INTRODUCCIÓN AL MODELADO Y LA SIMULACIÓN”

Tema 2: “MODELO PARA CALCULAR LAS PROPIEDADES TERMODINÁMICA DE PROCESOS EN EQUILIBRIO”

Tema 3: “MODELO DE EQUILIBRIO DE FASES EN SISTEMAS NO IDEALES”

Tema 4: “MODELO DE EQUILIBRIO LIQUIDO-VAPOR A ALTAS PRESIONES”

Tema 5: “MODELO PARA CALCULAR PROPIEDADES DE PROCESOS TÉRMICOS”

Tema 6: “MODELO PARA DETERMINAR PROPIEDADES TERMODINÁMICA DE TRANSPORTE”

XIII - Imprevistos

Los imprevistos se resolveran de la forma mas adecuada disponible

XIV - Otros