



*Ministerio de Educación y Justicia*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*

INGENIERIA QUIMICA - APRUEBA PROGRAMAS ANALITICOS PARA

4TO.AÑO - PLAN 1985

La Plata, 29 de abril de 1987.

VISTO la Ordenanza N° 480 que pone en vigencia el Plan de Estudio 1985 de la carrera INGENIERIA QUIMICA, y

CONSIDERANDO:

Que por la citada ordenanza se oficializaron los programas pertenecientes a 1ero. y 2do.años,

Que la Ordenanza N° 540 - Art.2° - aprueba los contenidos programáticos para el 3er.año de estudio.

Que el Consejo de Directores de Departamento de la carrera completó la actualización de los programas sintéticos correspondientes al 4to.año.

Que la Comisión de Enseñanza del Consejo Superior Universitario considera viable la propuesta elevada por el referido Consejo de Directores, a fin de lograr la continuidad del plan, ya que para el Ciclo Lectivo 1987 debe implementarse el 4to.año de estudio.

Que el dictado de la medida se efectúa en uso de las atribuciones otorgadas por la Ley N° 23.068,

/



*Recaigui*  
INA OSVALDO J. LAMAGNI  
SECRETARÍA DE ASUNTOS ACADÉMICOS

*Ministerio de Educación y Justicia  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado*

.2.

Por ello,

EL CONSEJO SUPERIOR UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

ORDENA:

ARTICULO 1° .- Aprobar los programas analíticos correspondientes al 4to.año del Plan de Estudio 1985 de INGENIERIA QUIMICA que se agregan como ANEXO I de la presente ordenanza.

ARTICULO 2° .- Regístrese. Comuníquese. Cumplido, archívese.

ORDENANZA N° 580

sf

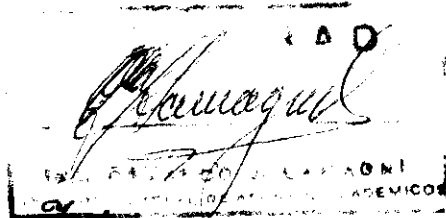
*J. C. Recalcati*  
SECRETARIO JUAN C. RECALCATTI  
RECTOR



*MC*



Ministerio de Educación y Justicia  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



. 3 .

INGENIERIA QUIMICAPLAN 1985PROGRAMA ANALITICO DE FISICOQUIMICA4to.AÑO ( 5 horas semanales).Unidad Temática 1:

Introducción a la termodinámica estadística. Relación entre propiedades termodinámicas macroscópicas y variables microscópicas. Teoría cinética de los gases. Distribuciones y funciones de distribución. Equipartición de la energía. Leyes de distribución de Maxwell y Maxwell-Boltzmann. Relación con la mecánica cuántica. Relación con las propiedades de transporte. Tercer principio de la termodinámica.

Unidad Temática 2:

Fuerzas intermoleculares. Tipos de energías moleculares. Cinética de traslación, rotación y vibración. Potenciales de atracción y repulsión. Formas de las moléculas. Dipolos transitorios y permanentes. Ecuación de Lennard-Jones. Interpretación de los distintos estados de agregación de la materia. Discusión del modelo de gas ideal con el modelo molecular real.

Unidad Temática 3:

Revisión de la termodinámica clásica. Repaso de las principales ecuaciones de estado teóricas y empíricas y semiempíricas. Reglas de mezclado. Aplicación de las ecuaciones de estado a mezclas multicomponentes.

Unidad Temática 4:

Sistemas multicomponentes. Termodinámica de las mezclas. Propie-

/



Ministerio de Educación y Justicia  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado

. 4 .

dad molar parcial. El potencial químico. La ecuación de Gibbs-Duhem. La ecuación de Duhem-Margules. Variación del potencial químico con P y T. El potencial químico en función de la composición. Aplicación a sistemas de gases ideales. Los sistemas reales. Concepto de fugacidad y coeficiente de fugacidad. Cálculo de fugacidades aplicando ecuaciones de estado. El estado standard. Mezclas ideales. Ley de Henry y regla de Lewis Randall. El exceso termodinámico. Cálculo de los excesos. El concepto de actividad. Coeficiente de actividad. Ecuaciones de Van Laar y Margules. Los modelos de fases líquidas. Cálculo de actividades y coeficientes de actividad.

#### Unidad Temática 5:

El equilibrio termodinámico de fases. Deducción de la regla de las fases de Gibbs. Las condiciones de equilibrio. El equilibrio bifásico. Relaciones fundamentales. La constante de equilibrio. Relación fundamental de equilibrio. Equilibrio vapor líquido en mezclas binarias. Cálculo gráfico y analítico.

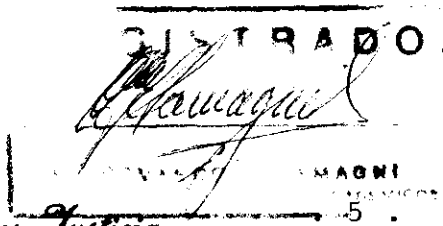
#### Unidad Temática 6:

El equilibrio vapor líquido en sistemas multicomponentes. El sistema Mesh. La ecuación de Rachford. Punto de rocío. Punto de burbuja. Equilibrio flash. Cálculos computacionales. La constante de equilibrio L-V, su cálculo.

#### Unidad Temática 7:

Equilibrio de fases condensadas. Equilibrio sólido-líquido en sistemas binarios. Análisis térmico. Eutéctico. Punto de fusión congruente e incongruente. Soluciones sólidas. Sistemas

//



*Ministerio de Educación y Justicia*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*

gas-sólido. Sistemas de tres componentes. Sistemas de tres líquidos. Sistemas formados por dos sales y agua.

Unidad Temática 8:

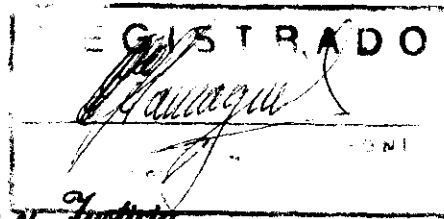
Termodinámica y equilibrio químico. Aplicación del primer principio de la termodinámica a sistemas con modificaciones químicas. Entalpía. Calor de reacción. Calor de formación. Calores de solución y de dilución. Variación de la entalpía con la temperatura. Temperatura máxima de la llama. Equilibrio en sistemas gaseosos reales. Grado de avance de la reacción. Condiciones termodinámicas del equilibrio químico. Diversas formas de expresar la constante de equilibrio. Variación de la constante de equilibrio con la temperatura. Iso-terma de reacción. Integración de la ecuación de Van't Hoff. Equilibrios químicos heterogéneos. Ejemplos diversos.

Unidad Temática 9:

Electroquímica. Conductividad electrolítica. Teoría de la disociación electrolítica. Movilidad iónica. Número de transporte. Ecuación de Onsager. Actividad de iones. Modelo de Debye-Hückel. Pilas. Electrodos reversibles. Potenciales normales, medición, FEM y constantes de equilibrio. Ecuación de Nerst. Determinación de actividades y coeficientes de actividad a partir de FEM de pilas. Energía electroquímica; rendimiento de energía. Cinética electroquímica. Teoría general de la electrólisis de las soluciones acuosas. Tratamiento cinético de los procesos de electrodos. Velocidad de la reacción electroquímica. Polarización, tipos. Curvas de polarización. Sobretensión. Sobretensión anódica y catódica. Potencial de electrodo y densidad de corriente. Energía de activación. Fundamento de aplicación en procesos industriales y conceptos de corrosión.

///

MC



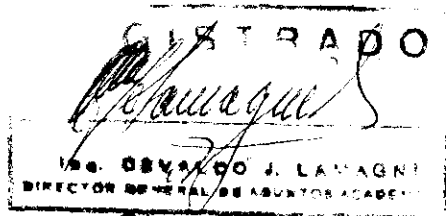
*Ministerio de Educación y Justicia*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*

Unidad Temática 10:

Fenómenos de superficie. Tensión superficial interfases. Trabajo de cohesión y adherencia. Películas superficiales. Sustancias tensioactivas. Interfases eléctricamente cargadas. Doble capa. Fenómenos electrocinéticos. Estado coloidal. Adsorción Descripción del fenómeno. Adsorción física. Isotermas de Langmuir. Ecuación Ret. Adsorción química. Área específica, volumen poral y porosidad. Aplicaciones del fenómeno de adsorción.

BIBLIOGRAFIA

- FISICOQUÍMICA : CASTELLAN
  - FISICOQUÍMICA : IRA LEVINE
  - INTRODUCCION A LA TERMODINAMICA EN INGENIERIA QUIMICA: SMITH Y VAN. NESS.
  - PRINCIPIO DE LOS PROCESOS QUIMICOS: HOUGEN Y WATSON
  - TERMODINAMICA PARA INGENIEROS QUIMICOS : BALGHISES- SAMUELS ELIASSEN.
  - TERMODINAMICA MOLECULAR DEL EQUILIBRIO DE FASES : PRANSTNITZ.
  - PROPIEDADES DE LOS GASES Y LOS LIQUIDOS: REID - SHERWOOD
-



Ministerio de Educación y Justicia  
Universidad Tecnológica Nacional

Rectorado

INGENIERIA QUIMICA

PLAN 1985

ANEXO I

ORD. N° 580

PROGRAMA ANALITICO DE INGENIERIA DE PROCESOS I

4to. Año (4 horas semanales).

Unidad Temática 1.

Introducción. Revisión de Unidades. Conversión. Ecuación química y estequiometría.

Unidad Temática 2.

Diagrama de proceso. Distintos tipos. Convencionalismos y nomenclaturas y normas más usadas.

Unidad Temática 3.

Revisión de los métodos de resolución de ecuaciones algebraicas. Sistemas lineales y no lineales. Aceleración de la convergencia. Ecuaciones diferenciales. Métodos numéricos de resolución.

Unidad Temática 4.

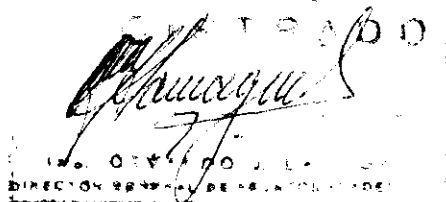
Balance de materiales sin reacción química. Información requerida para su resolución. Grados de libertad, análisis. Configuración con unidades múltiples. Estrategia de resolución. Sistemas con recirculación, by-pass y purga. Ejemplos.

Unidad Temática 5.

Balance de materiales con reacción química. Ley de Conservación de masa. Reactivo limitante. Conversión por paso y total. Grado de conversión. Cinética química. Ejemplos.

Unidad Temática 6.

Balance de energía: térmica, mecánica y electroquímica. Estados



*Ministerio de Educación y Justicia*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*

. 8 .

de referencia. Ejemplos.

Unidad Temática 7.

Balances combinados de materia y energía. Estado estacionario y no estacionario. Distintos métodos de resolución. Ejemplos.

Unidad Temática 8.

Simulación de procesos. Definiciones y objetivos. Tipos de simuladores. Partes constitutivas. Preprocesadores. Programas ejecutivos. Post-procesadores. Módulos de cálculo de propiedades físicas y termodinámicas. Módulos de cálculo de equipos de procesos.

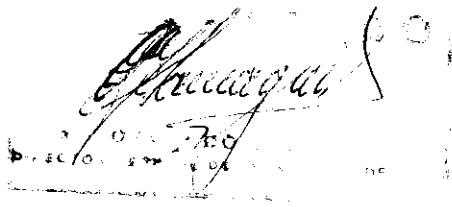
Unidad Temática 9.

Planteo del modelo de simulación. Diagrama de flujo de información. Topología, corrientes de proceso y parámetros de equipos. Grados de libertad. Modelo secuencial modular. Determinación de la secuencia de cálculo. Algoritmo. Corrientes iteradoras. Resolución de modelos por solución simultánea de ecuaciones. Ejemplos.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Cálculo de Balances de Materia y Energía. E.Henley y E.Rosen. Ed.REVERTE.
- 2.- Principios y Cálculos Básicos de la Ingeniería Química. D.Himmelblau. Ed.CECSA.
- 3.- Mathematical Methods in Chemical Engineering. N.Amudson. Ed.PRENTICE HALL.
- 4.- Steady State Chemical Process Simulation. Motar, M.Sacham. E. Rosen. AICHE 21.417-36.
- 5.- Process Flowsheeting. A.Westerberg, H.Hutchison, R.Motard,





*Ministerio de Educación y Justicia*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*

. 9 .

P.Winter. CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS.

- 6.- Norma DIN Parte 1 28004
- Norma DIN Parte 2 28004
- Norma DIN Parte 3 28004
- Norma BSI 1 553 Parte 1
- Norma BSI 1 553 Parte 2
- Norma BSI 1 553 Parte 3
- Norma BSI 1 553 Parte 4
- Norma I.S.A.

-----

*MC*



Ministerio de Educación y Justicia  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado

*Manoagué*

. 10.

ANEXO I

ORD. N° 580

INGENIERIA QUIMICA

PLAN 1985

PROGRAMA ANALITICO DE CINETICA Y TRANSFERENCIA DE MASA

4to Año (5 horas semanales).

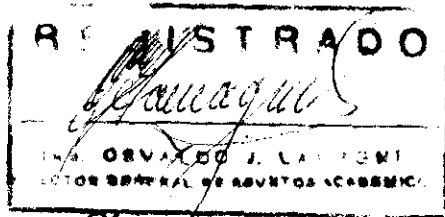
Unidad Temática 1.

Cinética en sistemas homogéneos. Introducción. Objeto de la cinética química. Conceptos estequiométricos básicos. Definición de velocidad de reacción. Velocidad de reacción en sistemas de volumen constante y de volumen variable. Grado de avance y conversión. Variables que afectan la velocidad de reacción. Órdenes de reacción. Constante de la velocidad de reacción. Reacciones simples y múltiples. Reacciones elementales y no elementales. Nociones sobre mecanismos de reacción. Reacciones en serie y en paralelo. Selectividad. Nociones sobre mecanismos de reacción. Reacciones reversibles. Caracterización matemática de reacciones simples (orden cero, uno, dos, tres, y fraccionario). Reacciones autocatalíticas. Modelos experimentales para la determinación de los parámetros cinéticos. Técnicas para la interpretación de datos. Método integral. Método diferencial. Análisis de la ecuación completa. Análisis parcial de la ecuación de velocidad. Método de la aislación. Método de las velocidades iniciales. Efecto de la temperatura sobre la velocidad de reacción. Expresión de Arrhenius. Cálculo de la energía de activación. Teorías moleculares de la cinética de reacción química. Teoría de la colisión. Teoría del estado de transición (complejo activado).

Unidad Temática 2.-

Transferencia de materia. Introducción. Difusión y mecanismos en transporte de masa. Definiciones (concentración másica y molar, fracción másica y molar, velocidad media másica, velocidad media molecular, velocidad de difusión). Ley de difusión de Rick. Mezclas binarias gaseosas. Correlaciones. Difusividad másica en

*MC*



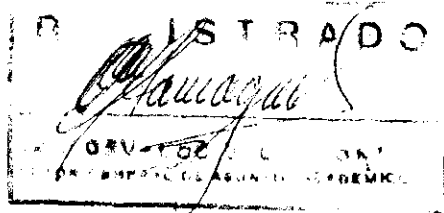
*Ministerio de Educación y Justicia*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*

. 11 .

líquidos. Difusividad másica en sólidos. Transferencia de masa por convección. Ecuación para la convección. Coeficiente de película. Difusión no equimolar. Difusión equimolar. Cálculo. Ecuaciones diferenciales de transferencia de masa. Formas especiales de la ecuación de transferencia de masa. Condiciones de contorno. Difusión en estado estacionario. Transferencia de masa en el límite de una fase. Coeficientes globales de transferencia. Modelo de la película. Modelo de la penetración. Analogías entre transferencia de masa, calor y cantidad de movimiento. Difusión molecular en estado no estacionario. Soluciones analíticas. Difusión transitoria en condiciones de resistencia superficial despreciable. Difusión con reacción química homogénea. Teoría de difusión simultánea y reacción química cerca de las interfases.

### Unidad Temática 3.

Catálisis heterogénea. Introducción. Adsorción en superficies sólidas. Adsorción física. Adsorción química. Tratamiento de Langmuir. La isoterma de BET. Otras isotermas. Expresiones de la velocidad de reacción para reacciones catalíticas heterogéneas. Etapa controlante. Modelo de Hougen y Watson para el caso de control de etapas químicas. Propiedades físicas de catalizadores. Determinación del área superficial. Volumen de huecos y densidad del sólido. Distribución de volumen poral. Método de la penetración de Hg. Método de desorción de N<sub>2</sub>. Clasificación y preparación de catalizadores. Clasificación. Preparación. Promotores e inhibidores. Causas. Prevención. Regeneración. Procesos de transporte externo en reacciones heterogéneas. Transferencia de materia. Factor J<sub>d</sub>. Ecuaciones cinéticas. Enmascaramiento de datos debido al transporte externo. Adimensionalización de ecuaciones de cambio. Números adimensionales característicos.



*Ministerio de Educación y Justicia  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado*

. 12 .

Unidad Temática 4.

Reacción y difusión dentro de los catalizadores porosos. Consideraciones generales. Mecanismos de transporte interno de materia. Cálculo de difusividades. Cálculo de difusividades efectivas para el modelo de poros en paralelo. Cálculo de difusividades efectivas para el modelo de poros al azar (Wakao-Smith). Mecanismos de transporte interno de calor. Conductividad térmica efectiva.

Unidad Temática 5.

Transferencia de masa con reacción química. Factor de efectividad para distintas geometrías de catalizador. Factores de efectividad en sistemas no isotérmicos. Enmascaramiento de parámetros debido a la difusión interna.

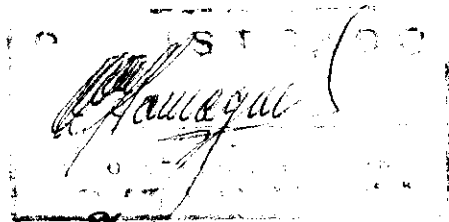
Unidad Temática 6.

Reacciones fluido-sólido no catalíticas. Selección de un modelo. Velocidad de reacción para partículas que no cambian de tamaño (control en película externa, control en cenizas, control químico). Velocidad de reacción para partículas que se encogen (control químico, control en película gaseosa). Combinación de resistencias. Determinación de la etapa controlante.

Unidad Temática 7.

Reacciones heterogéneas fluido-fluido. Consideraciones generales. La ecuación de la velocidad. Control de transferencia de masa. Control químico. Combinación de resistencias. Casos límites. Factor de reacción. Modelo de Van Krevelen, para distintos órdenes y pseudo orden. Control pelicular en fase fluida. Cálculo de coeficientes, películas de transferencia de masa. Correlaciones.

*MC*



*Ministerio de Educación y Justicia*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*

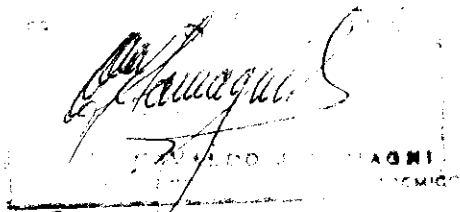
. 13 .

BIBLIOGRAFIA

- Chemical Reactor Analysis and Design - G.Froment y K. Bischoff-John Wiley (1979)
- Ingeniería de las Reacciones Químicas - O.Levenspiel - Ed. Reverté (1974).
- Chemical Reactor Analysis - E.E.Petersen - Prentice Hall (1965).
- Ingeniería de las Reacciones Químicas y Catalíticas - J.J. Carberry - Ed.Géminis (1980).
- Chemical Kinetics - K.Laidler - Mc.Graw Hill (1965).
- Cinética Química - J.M.Smith - CECSA.
- Mass Transfer - Sherwood - Pigford - Wilke - McGraw Hill (1975).
- Chemical Engineering Kinetics and Reactio Design - W.Hill-
- Mass Transfer in Heterogeneous Catalysis - C.Satterfield - M.I.T. Press (1970).
- Transpor Phenomena - R.B.Bird, W.E.Stewart, E.N.Lightfoot. John Wiley (1960).

-----

*HC*



ANEXO I

ORD. N° 580

*Ministerio de Educación y Justicia*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*

. 14 .

INGENIERIA QUIMICA

PLAN 1985

PROGRAMA ANALITICO DE QUIMICA ANALITICA INSTRUMENTAL

4to. Año (2 horas semanales)

Unidad Temática 1.

Introducción. Desarrollo de la Química Analítica Instrumental. Fundamento general. Propiedades físicas no específicas y específicas. Calibración de los instrumentos. Clasificaciones de las técnicas instrumentales. Características generales. Alcances y limitaciones de los distintos métodos.

Unidad Temática 2.

Métodos fotométricos. Teoría fundamental de la absorción y emisión de la radiación. Métodos colorímetros, fotométricos y espectrofotométricos. Ultravioleta, visible e infrarrojo. Técnicas y alcances. Absorción atómica. Espectroscopía de emisión. Rayos X. Fluorescencia. Fotometría de llama. Aplicaciones de resonancia magnética nuclear. Alcances y limitaciones de los distintos métodos.

Unidad Temática 3.

Métodos Electroquímicos. Fundamentos de electroquímica. Sobrepotencial. Potenciometría. Electrodo usado en las distintas volumetrías. Aplicaciones: phmetría, electrodos específicos. Separaciones electrolíticas a potencial y a corriente constante. Electrogravimetría. Polarografía. Amperimetría. Coulombimetría. Conductimetría. Alcances y limitaciones de los distintos métodos.

Unidad Temática 4.

Separaciones analíticas. Cromatografía. Fenómenos de partición y adsorción. Cromatografía en columnas; intercambio iónico, de

*ME*



*Manuel*

Ministerio de Educación y Justicia  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado

. 15 .

exclusión, en capa fina y en papel. Cromatografía gaseosa. Fundamentos. Equipos. Aplicaciones cuali y cuantitativa. Cromatografía líquida de alta presión. Alcances y limitaciones de los distintos métodos.

#### Unidad Temática 5.

Introducción a la medición en procesos. Analizadores. Sensores. Métodos basados en propiedades no selectivas y selectivas. Analizadores diferenciales.

#### Unidad Temática 6.

Aplicaciones de control analítico instrumental a una industria tipo. Instrumentos. Análisis de costos. Equipos de análisis generales versus equipos específicos. Prioridades en equipamiento.

#### COMENTARIO

La implementación de los trabajos prácticos relacionados a cada uno de los temas, serán función de las distintas cátedras en base a disponibilidades propias de cada Regional.

#### BIBLIOGRAFIA

- 1.- Métodos Instrumentales de Análisis. Hwillard, L.Meritt y I. Dean. Ed.Continental S.A.
- 2.- Principios de Análisis Instrumental. Douglas A.Skoog y D. West. Ed.Sudamericana.
- 3.- Instrumental Methods of Chemical Analysis. Mc.Graw Hill.
- 4.- Curso de Química Analítica. Hammerly, J.; Marracino, J. y Piagentini, R. Ed.El Ateneo.
- 5.- Análisis Químico Cuantitativo. Kolthoff, I.; Sandell, M. y Bruckenstein. Ed.Nigar.

-----

*MC*



ING. ROBALDO J. LA MACCHI  
DIRECCIÓN GENERAL DE ASUNTOS ACADÉMICOS

ANEXO I

ORD. N° 580

Ministerio de Educación y Justicia  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado

. 16 .

INGENIERIA QUIMICA

PLAN 1985

PROGRAMA ANALITICO DE FENOMENOS DE TRANSPORTE

4to. Año (6 horas semanales)

Unidad Temática 1.

Conceptos Fundamentales y Propiedades. Sistemas de Unidades. Definición de Fluido. Propiedades de los fluidos; presión, temperatura, densidad, peso específico, viscosidad dinámica y cinemática, calor específico, energía interna, entalpía, módulo de elasticidad volumétrico y compresibilidad, presión de vapor, tensión superficial. Similitud, semejanza geométrica, cinemática y dinámica. Números adimensionales; Euler, Froude, Reynolds, Weber. Teorema de Buckingham.

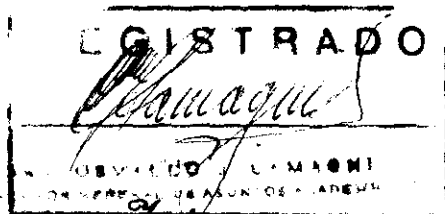
Unidad Temática 2.

Fluidos Newtonianos y No-Newtonianos. Ley de Newton de la Viscosidad. Influencia de la presión y temperatura en la viscosidad. Teoría de la viscosidad de los gases a baja densidad. Ecuación de Hirschefelder. Viscosidad de líquidos. Fluidos no-newtonianos; modelos. Fluidos dependientes e independientes del tiempo, fluidos viscoelásticos. Tipos de flujo; permanente y transitorio, uniforme, laminar y turbulento, potencial y en capa límite, compresible e incompresible, subsónico y supersónico, flujo externo e interno.

Unidad Temática 3.

Análisis Envolventes en Estado Estacionario. Análisis de sistemas de flujo aplicando una envolvente para el balance de materia y de cantidad de movimiento. Aplicaciones en coordenadas rectangulares y cilíndricas. Ecuación de Hagen-Poiseuille. Flujo reptante alrededor de objetos sumergidos.





. 17 .

*Ministerio de Educación y Justicia*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*

Unidad Temática 4.

Ecuaciones Diferenciales para Flujo de Fluidos Isotérmicos. Resumen de notación vectorial y tensorial. Concepto de derivada parcial, total y sustancial, divergencia (significado físico). Balance de continuidad (Ec. de conservación de la materia). Balance Microscópico de cantidad de movimiento. Aplicaciones de los balances de materia y cantidad de movimiento a sistemas de flujo en estado estacionario. Ecuación de la Energía Mecánica. Adimensionalización de las Ecuaciones de Cambio.

Unidad Temática 5.

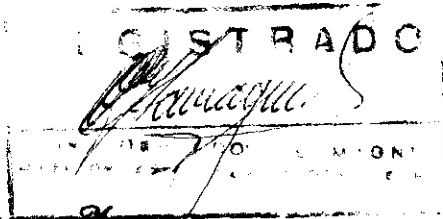
Resistencia Fluida y Capa Límite. Efecto de la viscosidad. Resistencia fluida. Experiencia de Reynolds. Paradoja de D'Alambert. Concepto de capa límite, resistencia de superficie. Capa límite laminar y turbulenta. Desarrollo de la capa límite en una placa plana y un conducto cilíndrico. Longitud de entrada, relación con Re. Desprendimiento de la capa límite, resistencia de forma. Perfiles romos y aerodinámicos.

Unidad Temática 6.

Flujo Turbulento. Turbulencia, características. Magnitudes de tiempo ajustado. Ajuste de tiempo para las ecuaciones de variación. Esfuerzos cortantes turbulentos y viscosidad de remolino. Ecuaciones empíricas del perfil de velocidad.

Unidad Temática 7.

Transporte de Interfase. Balances Macroscópicos Isotérmicos. Definición de factor de fricción. Relación entre  $f$  y Re. Métodos de estimación. Factor de fricción en tubos y esferas. Ley de Stokes. Aplicaciones a partículas no esféricas. Balance Macroscópico de Materia. Balance Macroscópico de Cantidad de Movimiento. Ejemplo



*Ministerio de Educación y Justicia*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*

. 18 .

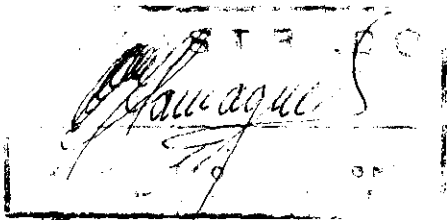
de aplicación al cálculo de fuerzas en las paredes. Balance Macroscópico de Energía Mecánica. Expresión de los balances en estado estacionario. Estimación de las pérdidas por fricción. Introducción al cálculo de cañerías y accesorios.

Unidad Temática 8.

Mecanismos del Transporte de Energía. Balances en Envolturas. Conceptos de conducción, convección y radiación. Conducción del calor; ley de Fourier. Conductividad calorífica, concepto físico, difusividad térmica. Influencia de la presión y temperatura. Conductividad en gases, líquidos y sólidos; métodos de determinación. Balances de energía calorífica en envolturas simples. Conducción con y sin generación interna. Flujo calorífico, concepto. Conducción en paredes compuestas. Distribuciones de temperatura en sólidos. Conducción en sólidos en estado no-estacionario, aplicaciones a geometría sencillas (unidimensional). Concepto de coeficiente global de transmisión del calor.

Unidad Temática 9.

Ecuaciones Diferenciales para la Transferencia de Calor. Condiciones límites. Ecuaciones de la Energía en coordenadas rectangulares y cilíndricas. Distribuciones de temperatura. Formas especiales y simplificadas de las ecuaciones. La ecuación del movimiento para la convección forzada y para la convección libre en flujo no-isotérmico. Análisis dimensional de las ecuaciones de variación. Capa límite térmica, concepto, relaciones con la capa límite hidrodinámica. Analogías de Reynolds. Distribuciones de temperatura en flujo laminar y turbulento. Magnitudes de tiempo ajustado. Aplicaciones del análisis adimensional y las analogías en la resolución de problemas. Uso del teorema en sistemas de transferencia de calor.



Ministerio de Educación y Justicia  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado

. 19 .

Unidad Temática 10.

Transporte de Interfase. Balances macroscópicos No Isotérmicos.  
Diferencia media de temperatura aritmética y logarítmica. Coeficientes de transmisión del calor, concepto. Convección libre y forzada; características. Convección forzada; determinación del coeficiente de transmisión de calor para flujo interno (tubos) y alrededor de objetos sumergidos. Analogías entre transferencia de energía y momento. Concepto de convección libre; determinación del coeficiente de transmisión del calor. Condensación de vapores puros sobre placas verticales. Correlación de Nusselt. Balance macroscópico de energía y de energía mecánica (no isotérmico).

Unidad Temática 11.

Flujo de fluidos compresibles. Velocidad del sonido. Número de Mach y regímenes de flujo compresible. Flujo isentrópico en conducciones de área variable. Choque normal. Flujo de fricción en conductos de sección constante.

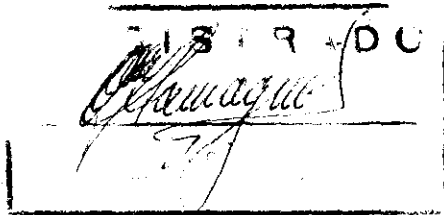
Unidad Temática 12.

Radiación térmica. Transporte de energía por radiación. Ley de Kirchoff. Poder emisor de los cuerpos. Cuerpo negro. Emisividad. Cuerpo gris. Energía irradiada por un cuerpo negro. Ley de desplazamiento de Wien. Ley de Stefan-Blotzmann. Radiación entre superficies. Factores de visión. Factores globales de intercambio. Pantallas de radiación.

Unidad Temática 13.

Difusividad y mecanismos. Balances envolventes de materia. Concentración, velocidad y densidad de flujo de materia. Ley de Fick de la difusión. Difusividad. Influencia de la presión, temperatura y

100



Ministerio de Educación y Justicia  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado

. 20 .

composición. Difusividad en gases y líquidos. Difusión equimolar y no equimolar. Número de Schmidt. Balances de materia aplicados a una envoltura. difusión en una película gaseosa estancada. Determinación de la difusividad binaria.

Unidad Temática 14.

Ecuaciones Diferenciales de la Transferencia de Masa. La ecuación de continuidad en una mezcla binaria. La ecuación de continuidad de A en diversos sistemas coordenados. Las ecuaciones de variación para sistemas de varios componentes. Condiciones límite. Formas especiales y simplificadas. Adimensionalización de las ecuaciones de variación.

Unidad Temática 15.

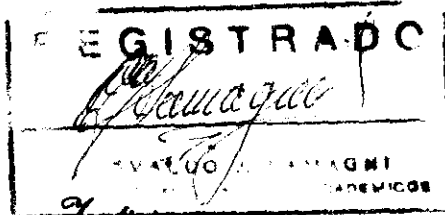
Distribuciones de Concentración en Flujo Turbulento. Magnitudes de tiempo ajustado. Ajuste de tiempo de la ecuación de continuidad de A. Densidad de flujo turbulento de materia.

Unidad Temática 16.

Transporte de Interfase. Balances Macroscópicos Multicomponentes. Equilibrio. Coeficientes individuales y totales de transferencia de masa. Correlaciones de transferencia convectiva de masa. Balances macroscópicos de materia, cantidad de movimiento, energía y energía mecánica en sistemas de varios componentes. Analogías entre la transferencia de masa, energía y cantidad de movimiento. Balance en torre de pared mojada. Número de Unidades de Transferencia.

ACLARACION:

En las unidades temáticas 13, 14 y 15 se deberá resaltar únicamente las analogías existentes entre los fenómenos de transporte,



Ministerio de Educación y Justicia  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado

. 21 .

masa, energía y cantidad de movimiento, considerando que este es uno de los objetivos principales de la materia.

### BIBLIOGRAFIA

#### I.- ESPECIFICA:

- BIRD R.B., STEWART W.E. Y LIGHTFOOT R.N.: Fenómenos de Transporte.
- BENNETT C.O. y MYERS J.E.: Transferencia de Cantidad de Movimiento, Calor y Materia.
- WELTY J.R., WILSON R.E. y WICKS C.E.: Fundamentos de Momento, Calor y Masa.

#### II.- CONSULTA:

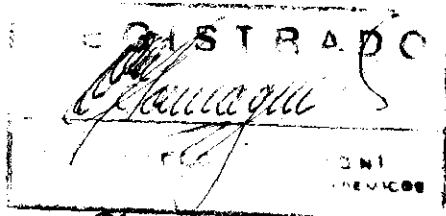
- PERRY Y. y otros: Manual del Ingeniero Químico (3ra. y 5ta. eds.).
- REID R.C. y SHERWOOD T.K.: Propiedades de los Gases Líquidos.
- HOUGEN O.A., WATSON K.M. y RAGATZ R.A.: Principios de los Procesos Químicos.
- RUSSELL T. y DENN M.: Introducción al Análisis en Ingeniería Química.

#### III.- GENERALES:

- MC.CABE W. y SMITH J.: Operaciones Básicas de Ing. Química.
- BROWN G.G. y otros: Operaciones Básicas de Ing. Química.
- FOUST A.S. y otros: Operaciones Básicas de Ing. Química.
- HOLLAND F.A.: Flujo de Fluidos para Ing. Química.
- MC.ADAMS W.H.: Transmisión del Calor.
- SHERWOOD T.K., PIGFORD R.L. y WILKE C.R.: Fenómenos de Transferencia de Materia.

-----

MC



ANEXO I

ORD. N° 580

*Ministerio de Educación y Justicia*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*

. 22 .

INGENIERIA QUIMICA

PLAN 1985

PROGRAMA ANALITICO DE OPERACIONES UNITARIAS I

4to. Año (6 horas semanales)

Unidad Temática 1.

Objeto, Fundamento y Metodología. Definición de operaciones unitarias. Evolución histórica. Clasificación. Operaciones continuas y discontinuas. Dimensiones y unidades. Revisión de conceptos fundamentales. Metodología de estudio de las operaciones y formas de planteamiento de los modelos matemáticos que conducen al diseño.

Unidad Temática 2.

Descripción de Sólidos Divididos. Características. Métodos de medida para el tamaño de las partículas. Tamices. Factores de formas. Esfericidad. Diámetro medio y distribución. Superficie específica. Superficie específica promedio. Presentación física de la fase sólida dividida: lecho estacionario, lecho fluidizado. Porosidad y sus relaciones. Diámetro de poro. Ángulo de deslizamiento. Ángulo de reposo. Propiedades de los cuerpos sólidos: densidad y densidad aparente. Dureza. Tenacidad. Fragilidad. Planos cristalinos de rotura.

Unidad Temática 3.

Separación por Tamaño. Objeto y definiciones. Tamizado. Equipos industriales. Rastrillos. Tamices fijos. Tamices vibratorios. Tamices oscilantes. Tamiz rotatorio (tromel), velocidad de rotación, velocidad crítica. Cedazos giratorios (devanadoras). Rendimiento de un tamiz.

Unidad Temática 4.

Desintegración Mecánica de los Sólidos. Consideraciones generales

100



*Ministerio de Educación y Justicia*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*

. 23 .

y objeto. Finalidad de la reducción de tamaños. Etapas de la reducción de tamaños. Variables de la operación. Reducción gruesa de tamaño. Quebrantadores de mandíbulas. Quebrantador Blake. Quebrantador Dodge. Quebrantadores giratorios. Cálculo aproximado de la capacidad de los quebrantadores. Quebrantadores para materiales blandos. Quebrantador de rodillo dentado. Molino de martillo. Desintegrador de celda. Reducción intermedia de tamaño. Trituradores de cono. Triturador de rodillo. Ángulo de ataque, ángulo de presa, capacidad teórica y real de los trituradores de rodillo. Molinos de mazas (Bocartes). Reducción fina de tamaños. Molinos de rodillos. Molinos de bolas o barras, distintos tipos, condiciones de operación. Molinos ultrafinos. consumo de potencia en los equipos. Teoría de la trituración. Ley de Rittinger. Ley de Kick. Estado actual de la teoría de molienda. Operatividad, alimentación, molienda en circuito cerrado, etc..

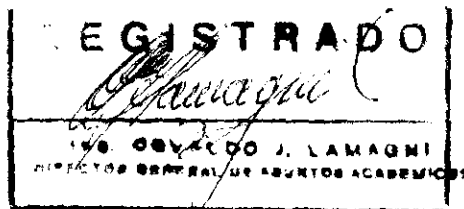
#### Unidad Temática 5.

Transporte de Sólidos. Definiciones y empleo de esfuerzos. Máquinas motrices portátiles. Instalaciones para la manipulación de sólidos. Transportadores mecánicos. Transportadores sin fin, de tornillo o helicoidales, de raqueta, de arrastre, de bandas, elevadores de cangilones, etc.. Accesorios. diseño de los equipos y estimación de la potencia necesaria. Transportadores neumáticos, modelos operativos, campo de aplicación, relación fluido-sólido, cálculo de la caída de presión y diseño de la instalación. Depósitos y silos: carga y descarga.

#### Unidad Temática 6.

Clasificación de Partículas Sólidas por medio de Fluidos. Partículas "isodromas o equidescentes". Aparatos. Cribas hidráulicas. Mesas vibratoras o sacudidoras. Elutriación. Flotación. Células de flotación. Promotores y colectores. Ángulo de contacto.

*HC*



Ministerio de Educación y Justicia  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado

. 24 .

Unidad Temática 7.

Sedimentación. Definición. Sedimentación continua y discontinua. Interpretación de la sedimentación discontinua a escala laboratorio. Utilización de la información obtenida en una sedimentación discontinua para el cálculo de un sedimentador continuo. Teoría de Kynch. Cálculo de espesadores continuos. Separación de sólidos por medios centrífugos. Separador ciclónico: cálculo y diseño. Concentración de sólidos por medios electrostáticos.

Unidad Temática 8.

Filtración. Conceptos generales. Clasificación de los equipos. Medios filtrantes. Coadyuvantes. Teoría de la filtración. Cálculo de la velocidad operativa. Distintas formas operativas. Desarrollo técnico experimental para el diseño de los equipos. Teoría del lavado de tortas. Ultrafiltración y ósmosis inversa. Aplicaciones. Desarrollo de membranas filtrantes. Concentración de soluciones por ósmosis inversa. Comparación con otros métodos.

Unidad Temática 9.

Centrifugación. Definiciones generales. Teoría Descripción de equipos. Cálculos.

Unidad Temática 10.

Transporte y Circulación de Fluidos. Cálculo de la pérdida de carga en cañerías: gráficos, accesorios y válvulas (distintos tipos), elección del diámetro óptimo.

Unidad Temática 11.

Bombas. Definición y consideraciones generales. Clasificación de bombas. Bombas de desplazamiento positivo, alternativas y rotativas. Alternativas, de acción y de potencia, características de la





*Ministerio de Educación y Justicia*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*

. 25 .

descarga según si son de acción doble o simple. De pistón, émbolo buzo, etc.. Rotativas de engranajes, lobulares, de tornillo, rotatoria de pistón, de aletas, etc.. Características de operación de las bombas rotatorias. Bombas centrífugas, de voluta, con difusores, múltiples. Características de operación de bombas centrífugas. Cavitación. Carga neta de succión positiva. Velocidad específica. Regulación de caudal. Acoplamiento de bombas en serie y en paralelo. Bombas especiales. Selección de bombas.

#### Unidad Temática 12.

Ventiladores. Soplantes, Compresores. Definición, clasificación y características. Compresores de desplazamiento positivo, alternativos y rotativos. Eficiencia mecánica. Compresores centrífugos y de flujo axial. Características y campo de aplicación. Instalaciones de alta presión: equipos y accesorios.

#### Unidad Temática 13.

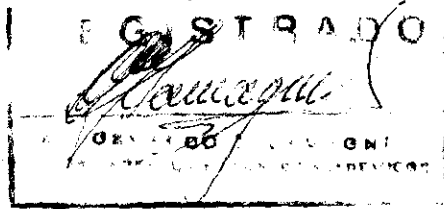
Instalaciones para Producir Vacío. Procedimientos para producir vacío: eyectores, bombas de vacío. Otros equipos. Selección del sistema. Alto vacío y sus técnicas. Ejemplos de aplicación. Nociones de destilación molecular.

#### Unidad Temática 14.

Agitación y Mezcla. Definiciones. Características. Agitadores. Tipos más importantes. Funcionamiento de los agitadores según el mecanismo de los esfuerzos. Etapas a cumplir en el diseño de agitadores para finalidades definidas. Cambio de escala. Cálculo de la potencia. Mezcla de materiales. Sólidos-líquidos. Tipos de equipos. Características. Criterios de selección.

#### Unidad Temática 15.

Flujo de Fluidos a través de Medios Porosos. Consideraciones ge-



*Ministerio de Educación y Justicia*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*

. 26 .

nerales. Clasificación. Fase fluida única. Ecuaciones aplicables al flujo laminar a través de lechos porosos. Cálculos. Dos bases fluidas. Saturación residual. Flujo de fluidos mojantes y no mojantes. Cálculos.

Unidad Temática 16.

Fluidización. Definiciones. Clasificación. Fluidización particularizada y continua. Fluidización de partículas sólidas por líquido o gas. Características. Cálculo de la caída de presión. Diseño de equipos. Criterios para juzgar cada tipo de fluidización. Aplicaciones.

BIBLIOGRAFIA

- Manual del Ingeniero Químico. J.H.PERRI.
- Ingeniería Química. J.O.BROWN.
- Operaciones Unitarias. H.FOUST.
- Operaciones Unitarias. Mc.CABE SMITH.
- Introducción a la Ingeniería Química. BADGER y BANCHERO.
- Criterio y Selección de bombas. WARRING.
- Bombas Centrífugas. I.KARASIK.
- Manual del Ingeniero Mecánico. DUBBEL.
- Manual del Ingeniero Mecánico. HUTE.
- Transporte neumático de Materiales. H.KIN.

-----

*MC*