



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA QUIMICA

MAESTRIA EN INGENIERÍA DE PROCESOS PETROQUÍMICOS – (MIPP)

Listado Base de Cursos Ofrecidos para el Ciclo 2016-2017

Programa de los Cursos

1 - Evaluación y Gestión del Riesgo Tecnológico

Duración : 2 meses
Carga horaria : 90 hs. teórico-prácticas
Profesores : Dra. S. Tonelli

Temario

1. **Introducción.** Definición de conceptos básicos. Riesgos y Peligros. Riesgo real vs riesgo percibido. El riesgo en la industria de procesos. Accidentes mayores. Casos de estudio. Análisis de riesgos tecnológicos. Etapas del análisis de riesgos. Medidas del riesgo.
2. **Identificación de peligros.** Introducción. Origen del peligro en la industria de procesos. Sustancias tóxicas, inflamables y explosivas. Métodos de identificación de peligros. Métodos Comparativos (listas de verificación, análisis de datos históricos de accidentes). Métodos semi-cuantitativos (índices Dow, FE&I y CEI; índice Mond). Métodos generalizados (HAZOP, FMEA, FTA, CHA).
3. **Análisis de consecuencias.** Determinación de efectos físicos. Modelos de fuente. Tipos de descarga: líquida, gaseosa, bifásica. Modelos de fuego (incendio en pileta, dardo de fuego, fuego en llamarada, bola de fuego). Modelos de explosión (explosiones confinadas y no confinadas). Modelos de dispersión de sustancias tóxicas (gases neutros y densos, pérdidas continuas y discontinuas). Modelos de vulnerabilidad.
4. **Estimación de la probabilidad de ocurrencia.** Estimación de la probabilidad a partir del análisis de bases de datos históricos de accidentes y del modelado de causas de fallas y eventos resultantes. Fallas por desviación de las condiciones de procesos y fallas aleatorias. Cuantificación de los FTA y ETA.
5. **Estimación del riesgo.** Métodos cualitativos, semi-cuantitativos y cuantitativos. Evaluación del riesgo mediante la formulación de índices de riesgo. Visualización: contornos de iso-riesgo y curvas FN. Definición de criterios de aceptación del riesgo.
6. **Gestión del riesgo A:** Reducción del riesgo durante el ciclo de vida de la planta. Diseño inherentemente mas seguro. Reducción de riesgos durante la operación y el mantenimiento de la planta. Principio ALARP. Sistemas de gestión de seguridad (SMS) y auditoría. Concepto de integridad. Nivel de integridad (SIL). Metodología LOPA.
7. **Gestión del riesgo B:** El rol del factor humano en la prevención de accidentes. Planificación para la respuesta a las emergencias.

8. **Herramientas comerciales de análisis de consecuencias y estimación de riesgo:** Programas EFFECTS, SuperChems, SlabView, PHAST, etc.
9. **Planeamiento basado en el riesgo.** Normativas legales nacionales e internacionales. Directiva Seveso II (Unión Europea) y Clean Air Act y Right-to-know Act (Estados Unidos). Herramientas para la toma de decisiones y planeamiento del uso de la tierra.
10. **Comunicación de riesgo a la población.** Percepción del riesgo. Niveles de aceptación del riesgo. Políticas de comunicación del riesgo tecnológico a la población.

Bibliografía

- Carson, P & Mumford, C. "Hazardous Chemicals Handbook". Butterworth & Heinemann. 1994.
- CCPS-AIChE. "Safety, Health and Loss Prevention in Chemical Processes". AIChE. 1990.
- CCPS-AIChE. "Chemical Process Quantitative Risk Analysis". AIChE. 2000.
- Crawl, A. & Louvar, J. "Chemical Process Safety: Fundamentals with Applications". Prentice Hall. 1990.
- Lees, Frank. "Loss Prevention in the Process Industries". Second Edition. Butterworth & Heinemann. 1996.
- Santamaría Ramiro, J.M. y Braña Aísa, P.A. "Análisis y reducción de riesgos en la industria química". Fundación MAPFRE 1994.

2 - Modelamiento y Simulación de Procesos

Duración : 2 meses
 Carga horaria : 90 hs. teórico-prácticas
 Profesor : Dres. S. Díaz, P. Hoch y A. Bandoni

Temario

1. **Introducción.** Breve reseña histórica. Modelamiento y simulación de procesos. De qué se trata? Posibilidades prácticas. Variables de proceso: variables de optimización (grados de libertad), variables de estado, parámetros, parámetros inciertos. Aplicaciones de simulación: aplicaciones en diseño, operación, planeamiento, análisis, sensibilidad paramétrica, etc. Representación de sistemas.
2. **Modelamiento y simulación de sistemas.** Análisis de sistemas. Enfoques de simulación de procesos: Secuencial modular, Simultáneo y otros. Ambientes de modelamiento y simulación. El simulador de procesos. Tipos de simuladores. Estructuras. Paquetes comerciales (ASPEN, HYSYS, gPROMS, etc). Posibilidades y limitaciones de los simuladores comerciales. Manejo de electrolitos.
3. **Simulación de estado estacionario.** Modelos de unidades simplificados y rigurosos. Simulación de unidades y plantas completas. Reciclos. Algoritmos de convergencia. Modo evaluación y modo diseño. Diseño conceptual usando simuladores. Análisis de sensibilidad.
4. **Simulación de estado no-estacionario.** Planteo de modelos dinámicos. Modelos dinámicos de unidades. Sistemas algebraico-diferenciales. Tipos de enfoques para la realización de modelos dinámicos. Modelos rigurosos a partir de balances de estado no estacionarios. Paquetes comerciales (ASPEN, HYSYS, gPROMS, etc). Linearización. Ajuste de modelos a partir de datos de planta. Simulación dinámica y su importancia. Ejemplos prácticos. Sistemas discontinuos y continuos.

5. **Identificación de procesos.** Identificación de procesos a partir de datos de planta. Metodologías simples. Técnicas de regresión lineal y no-lineal. Redes neuronales y sus aplicaciones. Estimación de parámetros.
6. **Otras aplicaciones de la simulación.** Interacción entre diseño y control de procesos. Diseño y evaluación de sistemas de control usando simulación. Análisis de pinch. Diseño de redes de intercambiadores de calor. Reconciliación de datos. Cálculo de tamaños y costos de equipos. Interfases con otras aplicaciones.
7. **Práctica.** Descripción y usos de herramientas comerciales: ASPEN, HYSYS, gPROMS, Matlab-Simulink, SuperPRO-Designer, rutinas FORTRAN/C++, etc. Resolución de problemas.

Bibliografía

- Babatunde A. Ogunnaike, W. Harmon Ray “Process Dynamics, Modeling and Control” (Topics in Chemical Engineering), Oxford University Press, 1994. Biegler, L., I. Grossmann, A. Westerberg. "Systematic Methods of Chemical Process Design". Prentice-Hall 1997.
- P. Barton. “Systems Engineering”. Notas de curso. Massachusetts Institute of Technology. 2000.
- K.E. Brenan, S.L. Campbell y L.R. Petzold. “Numerical Solution of Initial-Value Problems in Differential-Algebraic Equations”. SIAM, Classics in Mathematics, 1996.
- Douglas, J., "Conceptual Design of Chemical Processes". Elsevier 1988. Seider, W., J. Seader, D. Lewin. "Process Design Principles. Synthesis, Analysis and Evaluation". John Wiley & Sons 1999.
- Wells, G, L. Rose. “ The Art of Chemical Process Design”. Elsevier 1986.

3 - Optimización de Sistemas de Procesos

Duración : 2 meses
 Carga horaria : 90 hs. teórico-prácticas
 Profesores : Dres. S. Diaz, A. Bandoni y P. Hoch

Temario

1. **Introducción.** Breve reseña histórica. Qué es optimización? Definición de los límites del sistema. Criterios de desempeño. Variables (independientes y dependientes) Modelo del sistema. Formulaciones alternativas. Aplicaciones de optimización: aplicaciones en diseño, operación y planeamiento, análisis y reducción de datos. Procedimiento general para resolver problemas de optimización. Ejemplo. Obstáculos a la optimización.
2. **Teoría y métodos de optimización.** Diferentes tipos de problemas de optimización. Conceptos básicos: variable, función, restricción, continuidad de funciones, unimodalidad de funciones, funciones cóncavas y convexas, regiones cóncavas y convexas. Programación Lineal. Programación No Lineal: condiciones de optimalidad y métodos, Métodos de Gradiente Reducido y Programación Cuadrática Sucesiva. Potencialidades y limitaciones de cada método.
3. **Aplicaciones de optimización en ingeniería de sistemas de procesos.** Conceptos de análisis y síntesis de sistemas. Desarrollo de modelos de optimización de sistemas. Aplicaciones de optimización en diseño, síntesis, operación y control de sistemas. Aplicaciones de optimización en costeo y tamaño de equipos, en evaluación económica de proyectos, en planeamiento de operaciones de corto y largo plazo, etc.

4. **Optimización bajo incertidumbre.** Representación de la incertidumbre. Estrategias de optimización bajo incertidumbre. Análisis de flexibilidad de sistemas en estado estacionario y no estacionario.
5. **Optimización dinámica.** Derivación de modelos dinámicos. Formulaciones algebraico diferenciales. Grados de libertad. Índice de sistemas algebraico diferenciales. Problemas de optimización dinámica paramétrica y de control óptimo. Métodos numéricos para problemas de valores iniciales y algebraico-diferenciales. Paquetes existentes. Optimización de sistemas discontinuos. Aplicaciones en interacción entre diseño y control de procesos, en arranque y parada de equipos, en optimización de transitorios, etc.
6. **Técnicas de optimización avanzada y nuevas aplicaciones.** Programación lineal y no lineal mixta entera (MILP, MINLP): métodos y aplicaciones. Modelamiento usando variables binarias. Modelamiento de "Lógica" usando MINLP. Optimización estocástica: GA y SA. Introducción al concepto de "complejidad" en problemas de optimización. Optimización global: definiciones y conceptos generales, formulaciones y reformulaciones de problemas de OG, estrategias de resolución. Aplicaciones de optimización en bioinformática, diseño molecular, etc.
7. **Optimización de programas de producción.** Esquemas integrados de operación de sistemas. Modelamiento y optimización de planeamiento de corto y largo plazo. Optimización de inventarios. Modelamiento y optimización de Cadenas de Suministro.
8. **Práctica.** Descripción y uso de herramientas comerciales. Optimización usando simuladores de procesos: ASPEN, HYSYS, gPROMS, SuperPRO-Designer. Paquetes de modelamiento y optimización: GAMS, Matlab-Simulink. Rutinas FORTRAN y C++.

Bibliografía

- L.T. Biegler, I.E. Grossmann y A.W. Westerberg. "Systematic Methods of Chemical Process Design". Prentice-Hall, 1997.
- T.F. Edgar y D.M. Himmelblau. "Optimization of Chemical Processes". McGraw-Hill, 1988.
- C.A. Floudas. "Nonlinear and Mixed-Integer Optimization". Oxford Univ. Press, 1995.
- Brooke, D. Kendrick y A. Meeraus. "GAMS. A User Guide". The Scientific Press, 1988.

4 - Corrosión y Protección en Plantas Químicas, Petroquímicas y Refinerías.

Duración : 2 meses
 Carga horaria : 90 hs. teórico-prácticas
 Profesor : Dra. S. García y Lic. R. Suarez Baldo

Temario

1. **Objetivos.** Brindar los conocimientos básicos para comprender el fenómeno de la corrosión en general. Ofrecer un panorama de los métodos de evaluación y de protección contra la corrosión. Desarrollar luego los problemas específicos de corrosión que ocurren en equipos, ductos, reactores, medios de almacenaje y transporte, en la industria de procesos químicos, refinerías y plantas petroquímicas, según las condiciones operativas, con especial énfasis en la selección de materiales y en las medidas preventivas de la corrosión.

2. **Conceptos básicos.** Aspectos termodinámicos y cinéticos. Corrosión en medio acuoso. Tipos de corrosión. Influencia de factores ambientales, metalúrgicos y mecánicos. Corrosión de alta temperatura.
3. **Evaluación de la corrosión.** Ensayos. Monitoreo en servicio. Análisis y diagnóstico de fallas.
4. **Control y prevención de la corrosión.** Selección de materiales. Diseño. Recubrimientos. Inhibidores. Protección catódica.
5. **Corrosión y protección según ambientes específicos.** Problemas de baja temperatura: Suelos. Atmósfera. Corrosión por contaminantes del crudo. Aire y agua. H₂S, HCl, compuestos de nitrógeno, ácidos poliónicos. Corrosión por productos químicos del proceso: cloruros orgánicos, cloruro de aluminio, cáusticos, ácido acético, ácido sulfúrico, ácido fluorhídrico, aminas, fenol. Alcalis e hipoclorito. Amoníaco y sus compuestos. Halógenos. CO₂. Compuestos de azufre. Sales. Mercurio. Problemas de alta temperatura: Agua y vapor, compuestos de azufre, ácidos nafténicos, ataque por hidrógeno, depósitos fundidos, oxidación.
6. **Corrosión y protección según equipos específicos.** Cañerías. Recipientes de presión. Corrosión en servicios auxiliares. Generación de vapor. Agua de refrigeración. Tratamiento de efluentes. Operaciones de limpieza.
7. **Práctica.** Fenomenología de la Corrosión. Cinética de la Corrosión. Protección Catódica

Bibliografía

- C.P.Dillon . “Corrosion Control in the Chemical Process Industries” MTI N° 45, NACE, 1994
- Metals Handbook . Volume 13. Corrosion. 9th Edition. ASM International, 1989.
- L.L.Shreir, R.A. Jarman & G.T.Burstein . “Corrosion”. 3rd Edit. Butterworth & Heinemann, 1998
- B.J.Moniz, W.I.Pollock Ed. “Process Industries Corrosion. The Theory and Practice”, NACE , 1986.
- NACE Basic Corrosion Course. NACE, 1981.
- DECHEMA Corrosion Handbook. Vol 1,2,3,y 4. VCH. 1988

5 - Monitoreo y Control Avanzado de Procesos

Duración : 2 meses
 Carga horaria : 90 hs. teórico-prácticas
 Profesores : Dras. M. Sanchez y S. Schbib

Temario

1. **Monitoreo de Procesos.** Aplicaciones. Clasificación de Mediciones y Variables no Medidas. Técnicas de Clasificación. Diseño de Sistemas de Monitoreo. Estrategias de diseño según el objetivo.
2. **Errores de las Mediciones.** Técnicas de reducción de errores: Filtrado, Reconciliación de Datos en Estado Estacionario y Dinámico, Identificación de Errores Sistemáticos.
3. **Control de Procesos.** Objetivos y Beneficios. Tipos de Control. Componentes de Sistemas de Control: Sensores, Controladores, Elementos de Acción Final.
4. **Control Regulatorio de Lazo Simple.** Revisión del Control Retroalimentado. Control Cascada. Control Anticipado. Control de Relación. Control de Rango Partido.

5. **Control Multivariable:** Análisis de Interacción de Lazos de Control, Estabilidad y Diseño de Desacopladores.
6. **Control Predictivo basado en Modelos (MPC).** Principios Generales. Método de la Matriz Dinámica (DMC) en sistemas una entrada una salida y multivariados, con y sin restricciones. Otras estrategias. Algoritmos comerciales. MPC No Lineal.
7. **Control Discreto Básico.** Control de Secuencia. Interlocks. Sistemas Instrumentados de Seguridad. Control Discreto de Equipos y Unidades de Proceso.

Bibliografía

- Erikson K and Hedrick J., “Platwide Process Control”, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1999.
- Goble, W., “Control Systems, Safety Evaluation and Reliability”, ISA, 1998.
- Marlin Thomas E., “Process Control, Designing Proceses and Control Systems for Dynamic Performance” McGraw-Hill, Inc, USA, 1995.
- Narasimhan, S. and C. Jordache, *Data Reconciliation and Gross Error Detection*, Gulf Publishing Company, Houston, 2000.
- Ogunnaike B. and Ray W., “Process Dynamics, Modeling and Control”, Oxford University Press, New York, 1994.
- Romagnoli, J. and Sánchez, M., *Data Processing and Reconciliation for Chemical Process Operations*, Academic Press, San Diego, 1999.

6 - Procesamiento y Propiedades Termofísicas en la Industria del Gas y Petróleo

Duración : 2 meses
 Carga horaria : 90 hs. teórico-prácticas
 Profesores : Dres. E. Brignole y M. Zabaloy

Temario

1. **Energía y Petróleo.** Perspectiva histórica. Producción costos y mercados de hidrocarburos. Los hidrocarburos en el mercado de combustibles y como materia prima petroquímica. Situación mundial de producción y precios. Gas Natural. Etano. Gas Licuado. Gasolina (nafta). Los derivados petroquímicos . Lista de productos líderes. Árboles de derivados petroquímicos del metano, etileno, nafta (gasolina), ejemplos. Situación actual de la industria petroquímica, las crisis energéticas y la maduración de la industria petroquímica. Plásticos, definiciones, termoplásticos, elastómeros, fibras, termorigidos. Gas y petróleo en la Argentina. Principales yacimientos de gas y petróleo de Argentina y el mundo.
2. **Hidrocarburos.** Origen y propiedades. Naturaleza química, tipos de enlaces, parafina, olefinas y aromáticos. Constantes físicas de los hidrocarburos. Bases de Datos. Ecuación de Estado de van der Waals: Soave - Redlich - Kwong, Peng - Robinson. Diagramas de fase de componentes puros y de mezclas Los fluidos de los yacimientos petrolíferos. Componentes del gas natural. Propiedades fisicoquímicas. Clasificación primaria de las fracciones de productos de yacimiento. Gas seco, gas húmedo, gas condensado, aceite negro. Caracterización de crudos petrolíferos. Propiedades. Conceptos básicos de las separaciones primarias de gas, condensados, agua y petróleo en yacimientos. Etapas de separación en equilibrio, equilibrio entre fases, cálculo de

puntos de burbuja, rocío y equilibrio. Métodos predictivos de propiedades termodinámicas. Comportamiento del Diagrama de Fases de hidrocarburos. Viscosidad, densidad, curvas de destilación ASTM, PEBM y TBP y PM, factor de caracterización de Watson. Calores específicos y calores de vaporización. Presión de vapor.

3. **Modelado Termodinámico de Propiedades y Procesos.** Bases de Datos y Propiedades. Clasificación de Propiedades. Propiedades que dependen de la presión de vapor. Ecuaciones de Estado. Equilibrio entre Fases. Modelos generalizados para cálculos de coeficientes de fugacidad. Selección de modelos termodinámicos. Cálculos de presión de burbuja y rocío. Envolvente de fases en la producción de petróleo.
4. **Análisis y caracterización del Gas y del Petróleo.** Análisis cromatográfico. Fundamento. Cromatografía gas – líquido. Cromatografía líquido – líquido de alta presión. Punto de ebullición verdadero. Muestreo de gas y petróleo en yacimiento. Mediciones de laboratorio. Determinación de punto de burbuja. Liberación diferencial. Aplicación de separación flash al análisis composicional de un yacimiento.
5. **Descripción de procesos de tratamiento de petróleo.** Separación de gas asociado, estabilización de condensados. Extracción y separaciones primarias de gas y petróleo. Evolución de un yacimiento de petróleo bajo producción. Presión de yacimiento vs. relación GOR.
6. **Gas natural.** Procesamiento en campo del Gas natural. Filtración. Separadores Gas- líquido. Deshidratación. Separación de gasolinas livianas y GNL, remoción de CO₂, separación de etano y LPG. Planta de Extracción de etano y LPG. Tecnologías de absorción refrigerada y de turboexpansión. Principios básicos de diseño y operación. Fundamentos de destilación continua y Discontinua.
7. **Refinación del Petróleo.** Objetivos de la Refinación. Importancia económica. Crudos Petrolíferos. Clasificación. Caracterización de los crudos. Grados API y K de Watson. Destilación ASTM y TBP. Rendimiento de productos y grados API. Análisis estructural espectroscópico. Productos de refinería. Especificaciones de Naftas, Kerosen, combustibles de turbinas de aviación, Diesel y Fuel Oil. LPG. Optimización de productos en refinería. Modelo simplex de optimización. Blending. Número de octano, Numero de cetano, tensión de vapor de Reid.
8. **Tratamiento y procesamiento de petróleo.** Desalado. Destilación atmosférica.. Destilación a vacío. Conversión del petróleo. Cracking térmico. Cracking catalítico. Isomerización. Reformado de naftas.

Bibliografía

- Mc. Cain, W., “The Properties of Petroleum Fluids”
- Danesh, A., “PVT and Phase Behavior of Petroleum Reservoir Fluids”. Elsevier.
- Petersen, K. S., A. Fredeslund, P. Thomassen, “Properties of Oils and Natural Gases”.