



PROGRAMA DE TECNOLOGIA DEL CALOR

Carrera/s: QUIMICO INDUSTRIAL SUPERIOR
INGENIERIA EN INDUSTRIAS DE LA ALIMENTACION
INGENIERIA QUIMICA

Carga horaria: 90 hs

Año de Vigencia: 2006

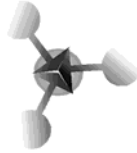
Equipo de cátedra:

Ing. Qco. Carlos A. Carullo	Prof. Titular Efectivo.
Ing. Qco Daniel Castro	Aux. Docente de 1ra

Objetivos generales:

- Identificar problemas térmicos, de transferencia de calor y optimización de energía, en los procesos y campos propios de cada carrera.
- Conocer y aplicar principios y criterios de transferencia del calor y de su tecnología
- Comprender los mecanismos fundamentales y reconocerlos en sistemas reales.
- Aprender el comportamiento de diversos materiales para la tecnología del calor.
- Conocer los principales tipos de equipos vigentes así como su campo de aplicación: con detalles y normas constructivos, funcionamiento y operación, ventajas e inconvenientes.
- Seleccionar y sustentar el equipo más adecuado a una necesidad y especificarlo. Verificar desempeño, y buscar alternativas de optimizar o de adaptar a otros usos.
- Interpretar fundamentos de cálculo, ecuaciones y correlaciones más representativas.
- Introducirse al diseño y cálculo de equipos de casco y tubos.
- Promover actitudes, criterios, y razonamientos propios del desempeño profesional.

Nota: ¹ Se excluye a las operaciones que combinan transferencia de calor y masa: humidificación, secado, evaporación con cristalización; los temas relativos a servicios, vapor, refrigeración. Estos temas se tratan en otras asignaturas.-



NUESTRAS INGENIERÍAS SON:

Un puente cotidiano de reconocimiento-análisis, razonamientos, conversaciones, diagnóstico, decisiones y acciones en tiempo oportuno;
entre
principios básicos y criterios físicos, químicos, biológicos, matemáticos, termodinámicos, de economía, de gestión y de relaciones humanas, por un lado;
y la diversidad de problemas propios de la profesión, por el otro.

Contenidos:

UNIDADES TEMATICAS - Objetivos por Areas y Contenidos por Temas

I - TRANSFERENCIA DE CALOR - CONDUCCION ESTACIONARIA

Abordar la asignatura como un todo interconectado y vinculado a la problemática profesional.

Aplicar criterios de selección, diseño e instalación de aislaciones térmicas.

Tema 1: INTRODUCCION A LAS OPERACIONES DE TRANSFERENCIA DE CALOR. Discusión y compromiso con los Objetivos de la asignatura. Los problemas térmicos y de transferencia propios de la profesión. Conceptos fundamentales. Tipos de transferencia. Mecanismos y mecanismos combinados, ejemplos. Estado estacionario y no estacionario.

PROPIEDADES MATERIALES PARA LA TRANSFERENCIA DEL CALOR. No-
ción de valores para sólidos, líquidos y gases; su variabilidad. Fuentes de datos. Predicción. Determinación experimental.

Carga Horaria: 2 horas.

Tema 2: CONDUCCION. Ecuación general de Fourier. Integración para conducción unidireccional en régimen estacionario: en espesores simples y compuestas. Aplicación.

MATERIALES AISLANTES. Tipos, propiedades, aplicaciones. Cálculo de Aislación Térmica. Espesor crítico. Espesor económico. Criterios de selección e instalación.

Carga Horaria: 2 horas.

II - CONVECCION ESTACIONARIA SIN CAMBIO DE FASE

Visualizar-conceptualizar- la relación entre lo descriptivo, el cálculo y el rendimiento de los equipos en relación con los fenómenos de transporte involucrados.

Introducirse a la operación, verificación y diseño de equipos de casco y tubos.



Tema 3: CONVECCION. Mecanismos de transporte convectivo de calor y dinámica de fluidos, sin cambio de fase. Definición del coeficiente pelicular de convección.

CONVECCIÓN FORZADA en tubos para flujo laminar y flujo turbulento. Correlaciones representativas, origen y aplicación. Efecto de calentamiento o enfriamiento y factor de corrección. Régimen de Transición. Convección forzada exterior a tubos. Fricción - pérdida de carga y rendimiento térmico en equipos de transferencia de calor: criterio de optimización.

CONVECCION NATURAL. mecanismo, correlaciones y aplicaciones.

Carga Horaria: 2 horas.

Tema 4: INTRODUCCION AL DISEÑO DE INTERCAMBIADORES con superficie de intercambio. DIFERENCIA DE TEMPERATURAS. Coeficiente total de transferencia. ECUACION BASICA DE DISEÑO para coeficiente global y gradiente locales. APLICACION-INTEGRACION para flujo en corrientes paralelas y en contracorriente.

ENSUCIAMIENTO. Tipos, pronóstico, control y prevención. Respuestas de diseño y de operación. Criterios.

INTERCAMBIADORES DE DOBLE TUBO: Descripción. Diseño térmico y pérdida de carga. Arreglos serie-paralelo.

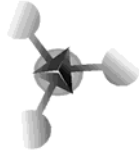
Carga Horaria: 4 horas.

Tema 5: INTERCAMBIADORES DE CASCO Y TUBOS. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS, terminología. Tipos, características constructivas y funcionalidad. NORMAS de fabricación. Modelos de flujo, diferencia de temperatura efectiva, cruce de temperaturas. Selección del tipo de equipo adecuado. Hoja de especificaciones. Etapas de proyecto y construcción. Especificación técnica. Consideraciones y criterios generales de diseño. Parámetros básicos y secuencia general de cálculos.

Carga Horaria: 4 horas.

Tema 6: DISEÑO DE INTERCAMBIADORES DE CASCO Y TUBOS. Cálculos térmicos y de pérdida de carga.: Método de Kern, fundamentos de cálculo, secuencia; limitaciones. Modelo de los caudales parciales: Método de Bell-Delaware. Fundamentos, secuencia de cálculos. Verificación de rendimiento-rating y diseño de equipos. Eficiencia: concepto y gráficos. Nociones sobre el Método Palen-Taborek de las corrientes parciales. Nociones de optimización de diseño de redes de intercambio.

Carga Horaria: 5 horas.



III - TRANSFERENCIA DE CALOR EN FLUIDOS CON CAMBIO DE FASE Y OTRAS²

Distinguir lo común y lo diferente entre distintos mecanismos convectivos y diversas soluciones mecánicas, incluyendo la unidad anterior.

Seleccionar sólo aquellos contenidos directamente pertinentes a su carrera.

Tema 7: CONDENSADORES. VAPORES SIMPLES: Mecanismos y correlaciones. Particularidades descriptivas. Diagramas de temperatura: desobrecalentamiento y subenfriamiento. VAPORES COMPUESTOS, Diferencia de temperatura y noción conceptual de curva de condensación. Criterios de selección, especificación y cálculo de condensadores. Usos. Condensadores de mezcla.

HERVIDORES. Mecanismos de ebullición. Rehervidor tipo marmita ó caldereta, evaporador-enfriador o chiller, rango de ebullición, tipo de circulación, tipo de servicio. Usos. Vaporización Flash.

Carga Horaria: 2 horas.

Tema 8: EVAPORADORES. Sistema concentrador de un efecto. Tipos: de circulación forzada, de circulación natural, de película ascendente y descendente: descripción y funcionamiento. Aplicaciones. Accesorios que integran el sistema. SISTEMA CONCENTRADOR DE MULTIPLE EFECTO. Economía de vapor. Alternativas de alimentación. Vacío. Ascenso ebulloscópico. Arrastre. Diseño térmico. Selección, y especificación. Fundamentos de cálculo. Termocompresión.

Carga Horaria: 3 horas.

Tema 9: AEROENFRIADORES Y OTROS. Equipo aerofriador: elementos constitutivos. Principio de funcionamiento: superficie extendida, tubos aletados. Eficiencia de aleta. Selección y especificación. Fundamentos y criterio de cálculo. Aplicaciones. Recipientes Encamisados. Serpentes Sumergidos. INTERCAMBIADORES DE SUPERFICIE RASPADA. INTERCAMBIADORES DE PLACA. Principios de funcionamiento: fundamentos de cálculo y criterios para su selección y/o especificación y/u operación. Campo de aplicación respectivos.

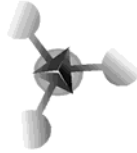
Carga Horaria: 2 horas.

IV - TRANSFERENCIA ESTACIONARIA POR RADIACIÓN²

Integrar los principios teóricos en el detalle y en el funcionamiento de un horno o aplicación típicos de su carrera.

Tema 10: RADIACIÓN ENTRE SUPERFICIES DE SÓLIDOS. Comportamiento de las superficies negras. Factores geométricos. Superficies grises y factores de emisividad. Refractarios. Transferencia entre superficies. Comportamiento de gases y vapores. Conceptos, principios, y cálculos.

Carga Horaria: 2 horas.



Tema 11: HORNOS DE PROCESO. Concepto y particularidad de aplicación. Partes. Funcionamiento. Clasificación. Criterios de selección. Análisis de la transmisión del calor en zona radiante por métodos globales. Fundamento de cálculo. Zona convectiva y chimenea. Criterios de diseño, especificación y operación. Verificación del rendimiento térmico de hornos de proceso.

Carga Horaria: 2 horas.

V – OTROS ASPECTOS:

Abordar otros aspectos-mecanismos-aplicaciones relacionados que se aplican en su ingeniería.

Introducirse al comportamiento dinámico o no estacionario.

Tema 12: Introducción al enfriamiento y calentamiento de sólidos en estado no estacionario: situaciones y criterios de aplicación. Calentamiento y enfriamiento de líquidos, por lotes.

Transferencia de calor por contacto directo con y sin almacenamiento de calor: conceptos, criterios y situaciones de aplicación.

Otros aspectos de los problemas térmicos y de transferencia de calor en las ingenierías de procesos. Nuevos diseños de intercambiadores de alto rendimiento.

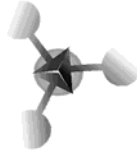
Carga Horaria: 2 horas.

NOTA: este Tema N° 12 más otros puntos a designar luego se incluyen en el Trabajo Práctico N° 8 "OTROS CUESTIONES DE LA TECNOLOGIA DEL CALOR", por lo que no se computa aquí su carga horaria de teoría.

² Estos Temas tendrán tratamiento diferenciado según los requerimientos de la especialidad.

BIBLIOGRAFIA BASICA

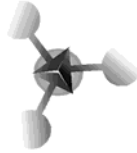
- 1.- Kern, D.K., **Procesos de Transferencia de Calor**, México, CECSA, Cualquier impresión.
- 2.- Cao, E., transferencia de calor en ingeniería de procesos, 2° ed., nueva librería, Buenos Aires, 2006.
- 3.- Cao, E., **Intercambiadores de Calor**, Buenos Aires, Edigem, 1983.
- 4.- McCabe, W.L. Smith, J.C., Harriott, P., **Operaciones Unitarias en Ingeniería Química**, 4ta ed., Madrid, España, McGraw-Hill, 1991.
- 5.- Perry, R.H., Green, D.W., **Manual del Ingeniero Químico**, 6ta ed. 1992, México y 7ma ed. 2001, España, McGraw-Hill.



- 6.- Badger, W.L., Banchemo, J.T., **Introducción a la Ingeniería Química**, México, Mc Graw-Hill, 1970.
- 7.- Baquero Franco, J., Llorente Martínez, V., **Equipos para la Industria Química y Alimentaria**, 1ra ed., Madrid, España, Alhambra, 1985.
- 8.- Valiente Barderas, A., **Problemas de Transferencia de Calor**, 1ra ed. Limusa - 1988.-
- 9.- Levenspiel, O., **Flujo de Fluidos e Intercambio de Calor**, Barcelona, España, Reverté, 1993.
- 10.- Holman, J.P., **Transferencia de Calor**, 8a ed., Madrid, Mc Graw Hill, 2000.
- 11.- Mills, A.F., **Transferencia de Calor**, España, Irwin, 1995.

BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA

- 1.- Rohsenow, W.M., Hartnett, J.P., Cho, Y.I., **Handbook of Heat Transfer** Third Edition, McGraw Hill, 1998.
- 2.- Incropera, F.P., DeWitt, D.P., **Fundamentos de Transferencia de Calor**, 4ª ed., México, Prentice-Hall, 1999.
- 3.- Chermisinoff, N.P., Chermisinoff, P.N., **Heat Transfer Equipment**, New Jersey, U.S.A., PTR Prentice-Hall, 1993.
- 4.- Chapman, A.J., **Transmisión del Calor**, 3ra ed. Madrid, MBH Librería Editorial Bellisco, 1990.
- 5.- Foust, A.S., Wenzel, L.A., Clump, C.W., Maus, L., Andersen, L.B., **Principios de Operaciones Unitarias**, 2ª ed., México, CECSA, 1992.
- 6.- **Standards Of The Tubular Exchanger Manufacturers Association**, Norma Tema, Tubular Exchanger Manufacturers Association, INC., 7th ed., 1988.
- 7.- Singh, R.P., Heldman, D.R., **Introducción a la Ingeniería de los Alimentos**, Zaragoza, España, Acribia 1998.-
- 8.- Mafart, P., **Ingeniería Industrial Alimentaria**, Vol.1: Procesos Físicos de Conservación, Zaragoza, España, Acribia, 1994.
- 9.- Welty, J.R., Wicks, C.E., Wilson, R., **Fundamentos de Transferencia de Momento, Calor y Masa**, México, Edit. Noriega-Limusa, 1997.
- 10.- Geankoplis, Ch.J., **Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias**, México, CECSA, 3ra ed. 1998.
- 11.- Jiménez Gutiérrez, A.J., **Diseño de Procesos en Ingeniería Química**, Reverté, Barcelona, 2003. Parte III incluye redes de intercambiadores de calor.
- 12.- Coulson, J.M., Richardson, J.F., **Ingeniería Química** Tomos I, II y IV, 3ra ed. Reverté, 1979.
- 13.- McAdams, W.H., **Transmisión del Calor**, 3ª ed., Madrid, McGraw Hill, 1964.
- 14.- Isachenko, V., Osipova, V., Sukivel, A., **Transmisión del Calor**, Bilbao, España, Boixareu Editores Marcombo, 1979.
- 15.- Torreguitar, R.F., Weiss, A.G., **Combustión y Generación de Vapor**, Mellor-Goodwin S.A.C., 1968.



16.- Peters, M.S., Timmerhaus, K.D., **Diseño de Plantas y su Evaluación Económica para Ingenieros Químicos**, 2da ed. Buenos Aires, Geminis, 1978.-

Actividades Teóricas:

Se combina exposición con ayuda de filminas y soporte-proyección electrónicos de textos e imágenes, con uso de pizarrón, trabajo grupal con apoyo didáctico en base a cuestionarios conceptuales y ejercicios de cálculo. Se insistirá en la vinculación de equipos y esquemas con teoría y fundamentos de cálculo, relacionando la teoría con las actividades prácticas.

Metodología de Enseñanza

Se articula las distintas instancias de actividades de desarrollo y de apoyo de teoría con las actividades prácticas descritas, en el concepto de desarrollar competencias para identificar y resolver problemas. Se propone la conjunción de teoría-mecanismos, con los fundamentos-criterios-métodos de selección-cálculo y el conocimientos de los equipos. Se recomienda un estudio selectivo sobre una bibliografía básica de 9 textos y el recurso auxiliar de textos de consulta, revistas e Internet.

Se trabaja con ocho guías de trabajos prácticos con actividades de apoyo teórico, y actividades prácticas experimentales y de resolución de problemas, para 15 (quince) semanas.

Evaluación

La evaluación para las exigencias de regularidad integra la asistencia y principalmente el cumplimiento completo de las actividades prácticas con la presentación de todos los informes; así como una evaluación parcial que consiste en un cálculo térmico y de pérdida de carga de un intercambiador de doble tubo, un caso distinto para cada alumno y a libro abierto.

La evaluación final incluye una parte de cálculo, a libro abierto y una parte de teoría enfocada por tipo de problema de transferencia de calor a resolver, con la integración significativa de principios y mecanismos teóricos, descripción e interpretación de equipos y su fundamento de cálculo. La metodología de consultas previas al examen, constituye una importante instancia auxiliar de evaluación.

DETALLE DE CARGA HORARIA (para detalle actividades, ver ANEXO)
DESARROLLO DE ACTIVIDADES TEORICAS

DESARROLLO DE TEMAS TEORICOS: 32 horas
ACTIVIDADES DE APOYO TEÓRICO: 28 horas

DESARROLLO DE ACTIVIDADES PRÁCTICAS

ACTIVIDADES EXPERIMENTALES 18 horas
RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS 12 horas



TOTAL: **90 horas**

ANEXO

Detalle de Actividades de Trabajos Prácticos de Aula y Formación Practica

TRABAJO PRACTICO N° 1

TEMA: INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA DEL CALOR

AULA (actividad de apoyo teórico) **Carga Horaria: 2 horas.**

Observación, discusión y estudios. Competencias profesionales relacionadas, objetivos, mecanismos, equipos, parámetros.

PLANTA PILOTO (actividad práctica experimental) **Carga Horaria: 2 horas**

Descripción, uso, e identificación de elementos más comunes para la medición de temperatura: termómetros (de alcohol y de mercurio), sondas térmicas tipo PT100 y RTD. Práctico de calibración de sonda PT100 en puntos extremos. Trazado de curva de calibración.

TRABAJO PRACTICO N° 2

TEMA: CONDUCCION ESTACIONARIA - AISLACIONES TERMICAS

AULA (actividad de apoyo teórico) **Carga Horaria: 4 (cuatro) horas.**

Ejercicios de cálculo, cuestionario teórico-práctico Leyes de Fourier. Paredes compuestas. Aplicación combinada de conducción, convección y radiación. Materiales e instalación.

PLANTA PILOTO (problema abierto) **Carga Horaria: 4 horas.**

Problemas de ingeniería de análisis y dimensionamiento de aislación térmica, de verificación de aislación existente. Uso de instrumentos de medición: calibre.

TRABAJO PRACTICO N° 3

TEMA: CONVECCION ESTACIONARIA SIN CAMBIO DE FASE - INTRODUCCION AL DISEÑO - INTERCAMBIADORES DE DOBLE TUBO

AULA (actividad de apoyo teórico) **Carga Horaria: 4 horas.**

Investigación y desarrollo en correlaciones: Experiencia de Morris y Whitman.. Lectura e interpretación de textos, esquemas, cálculos térmicos y de pérdida de carga, con presentación en tablas, gráficos y correlaciones. Diseño y cálculos de equipos de doble tubo.

PLANTA PILOTO (actividad práctica experimental) **Carga Horaria: 2 horas**

Construcción de equipo de doble tubo. Interacción. Observación, armado, desarmado. Modificación al diseño original. Análisis de posibles mejoras. Optimización.



TRABAJO PRACTICO N° 4

TEMA: RECONOCIMIENTO DE EQUIPOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

A) EN PLANTA PILOTO (actividad teórico-práctica) **Carga Horaria: 2 y 2 horas.**
Observación, dibujo de esquemas, descripción, explicación de funcionamiento y evaluación de aplicaciones de diversos equipos presentes en planta piloto. Observar, identificar, analizar y reconocer materiales, elementos y equipos..

B) VISITA A PLANTA INDUSTRIAL. CONCENTRADOR INDUSTRIAL MULTI-EFECTO E INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS (actividad teórico-práctica)
Carga Horaria: 2 y 2 horas.

Observación y descubrimiento de equipos y proceso, de detalles pertinentes y relevantes. Contenidos e interpretación de equipos, instalaciones y proceso de concentración de escala industrial.

TRABAJO PRACTICO N° 5

TEMA: CONVECCION ESTACIONARIA SIN CAMBIO DE FASE - INTERCAMBIADORES DE CASCO Y TUBOS - EFICIENCIA - APLICACIONES A DIVERSOS EQUIPOS Y CONFIGURACIONES - USO DE SOPORTES INFORMATICOS

AULA (actividad de apoyo teórico) **Carga Horaria: 6 horas.**
Conocimiento e interpretación. Introducción al diseño y cálculos.
Descriptiva y evaluación de aplicaciones. Alternativas de selección, especificación y cálculos. Uso de software específico.

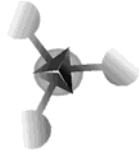
TRABAJO PRACTICO N° 6

TEMA: CONVECCION ESTACIONARIA SIN CAMBIO DE FASE - INTERCAMBIADORES DE CASCO Y TUBOS Y DE PLACAS

PLANTA PILOTO (actividad práctica experimental) **Carga Horaria: 6 horas.**
Operación de equipos de transferencia de calor. Intercambiadores de casco y tubos. Intercambiador de placas. Determinación práctica de Coeficiente Global de Transferencia del Calor. Modificación de variables operativas. Análisis de respuestas. Confrontación con herramientas de simulación. Uso de software HYSYS. Observación de medidas de seguridad. Discusión de aspectos mecánicos, térmicos y operativos. Discusión de posibles mejoras y complementación.

TRABAJO PRACTICO N° 7

TEMA: TRANSFERENCIA DE CALOR EN FLUIDOS CON CAMBIO DE FASES - EVAPORADORES- OPERACIÓN DE EVAPORADOR DE DOBLE TUBO CON CONVECCION NATURAL - PRACTICA PLANTA PILOTO



Conocimiento e interpretación. Introducción al diseño y cálculos. Operación de Equipo Evaporador. Observación de medidas de seguridad. Discusión de aspectos mecánicos, térmicos y operativos. Discusión de posibles mejoras y complementación.

AULA (actividad de apoyo teórico) **Carga Horaria: 4 horas.**

PLANTA PILOTO (actividad práctica experimental) **Carga Horaria: 4 horas.**

Limpieza, mantenimiento, puesta en marcha y operación de Evaporador de Doble Tubo. Análisis de resultados. Discusión de posibles aplicaciones.

TRABAJO PRACTICO N° 8

TEMA: OTRAS CUESTIONES DE LA TECNOLOGIA DEL CALOR

Diversas tareas y actividades de carácter teórico. Búsqueda bibliográfica. Uso de Internet. Temas varios.

AULA (actividad de apoyo teórico) **Carga Horaria: 4 horas.**

PLANTA PILOTO (problema abierto) **Carga Horaria: 8 horas.**

Se plantean diversas situaciones entre las que se citan los siguientes problemas de ingeniería: análisis de rating o desempeño, análisis de diseño o de dimensionamiento y evaluación de mejoras de equipos e instalaciones.