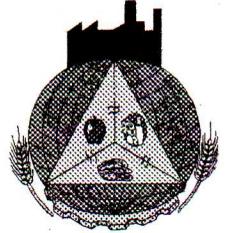


# Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"

## Departamento de Nutrición y Alimentos

Buenvista, Saltillo, Coahuila CP 25315  
Teléfono (844) 411-0324



### PROGRAMA ANALITICO

Fecha de Elaboración: Febrero del 2007

#### DATOS DE IDENTIFICACIÓN:

Nombre del curso: **Transferencia de calor**  
Clave: NUA-432  
Créditos: 8  
Horas teoricas: 3  
Horas prácticas: 2  
Departamento que la imparte: Nutrición y Alimentos  
Prerrequisito: Fenómenos de transporte (NUA-414)

#### OBJETIVO GENERAL:

El objetivo del curso es que el estudiante conozca y comprenda los diversos mecanismos de transferencia de calor Y aplicar sus leyes en la resolución de problemas de ingeniería de alimentos.

#### METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA:

El curso tiene asignadas 5 horas de clase semanales distribuidas en la relación: 3 horas de clases teóricas y 2 horas de práctico de resolución de ejercicios y laboratorio.

#### TEMARIO:

##### Unidad 1: Introducción general a equipos de intercambio termico

- 1.1 Equipos de intercambio térmico: clasificación, usos, ubicación en las plantas de proceso.
- 1.2 Ecuaciones básicas de equipos de intercambio térmico: balances de energía y ecuaciones de diseño.
- 1.3 Métodos para el análisis de equipos de intercambio térmico: Ft-LMTD y epsilon-NTU.
- 1.4 Revisión de mecanismos de transferencia de calor. Coeficiente global de transferencia de calor. El factor de ensuciamiento. Resistencia controlante.
- 1.5 Superficies extendidas. Tipos y características generales. Evaluación de eficiencia de aleta. Incorporación de la eficiencia de aleta en la ecuación de diseño.

##### Unidad 2: Equipos de intercambio termico sin cambio de fase

- 2.1 Características generales. Ventajas y desventajas. Selección.
- 2.2 Intercambiadores de doble tubo.
  - 2.2.1 Descripción general.
  - 2.2.2 Cálculo de los coeficientes de transferencia de calor.
  - 2.2.3 Evaluación de pérdida de carga.
  - 2.2.4 Diseño y verificación.
  - 2.2.5 Equipos en serie-paralelo.
  - 2.2.6 Intercambiadores de doble tubo con superficies extendidas y multitubos.
- 2.3 Intercambiadores de tubo y coraza
  - 2.3.1 Introducción y descripción general.

- 2.3.2 Pasos múltiples.
  - 2.3.3 Clasificación y denominación.
  - 2.3.4 Tipos de corazas, de cabezal anterior y de retorno (fijos, tubos en U y flotantes).
  - 2.3.5 Tubos: denominación por diámetro (normas BWG), materiales.
  - 2.3.6 Otros aspectos generales de la construcción del intercambiador.
  - 2.3.7 Diseño y verificación. Información disponible y requisitos a cumplir.
  - 2.3.8 Criterios de selección para el diseño: selección de coraza y cabezales, ubicación de los fluidos, características de los tubos y el mazo, tamaño de coraza, número de pasos por tubos y por coraza, tipos de deflectores, ventajas y desventajas.
  - 2.3.9 Elementos de cálculo en intercambiadores de tubo y coraza. Coeficiente de transferencia de calor y evaluación de pérdida de carga del lado de los tubos. Coeficiente de transferencia de calor y evaluación de pérdida de carga del lado de la coraza: método de Kern. Críticas al método de Kern. Método de Bell-Delaware.
  - 2.3.10 Procedimiento para la verificación de un intercambiador de tubo y coraza. Procedimiento de diseño de un intercambiador de tubo y coraza.
  - 2.3.11 Intercambiadores en serie y en paralelo.
- 2.4 Intercambiadores de placa
- 2.4.1 Características generales. Montaje del equipo y conexiones.
  - 2.4.2 Tipos de placas. Ventajas y desventajas respecto a los intercambiadores de tubo y coraza.
  - 2.4.3 Cálculo de los coeficientes de transferencia de calor. Evaluación de pérdida de carga.
  - 2.4.4 Procedimientos de diseño y verificación.
  - 2.4.5 Equipos con más de un paso.

### Unidad 3: Equipos de intercambio térmico con cambio de fase

#### 3.1 Condensadores

- 3.1.1 Características generales de procesos de condensación.
- 3.1.2 Mecanismos de condensación sobre superficies: en película o en gotas.
- 3.1.3 Tipos de condensadores: tubo y coraza, aerocondensadores, condensadores de placa, condensadores de contacto.
- 3.1.4 Condensación de corrientes de sustancias puras.
- 3.1.5 Coeficiente de transferencia de calor en condensación. Teoría de Nusselt. Aspectos no considerados en la teoría de Nusselt.
- 3.1.6 Condensación en tubos verticales. Condensación en el exterior de tubos horizontales. Condensación en el interior de tubos horizontales.
- 3.1.7 Tipos de flujo. Pérdida de carga en procesos con condensación. Condensadores de tubo y coraza. Diferentes tipos. Ventajas y desventajas.
- 3.1.8 Métodos de cálculo para condensadores con corrientes de sustancias puras. Condensaciones totales o parciales. Condensación y subenfriamiento. Desobrecalentamiento y condensación.
- 3.1.9 Condensación en presencia de sustancias no condensables. Métodos de cálculo.
- 3.1.10 Condensación de una corriente con mezcla multicomponente. Método de cálculo de Bell-Ghaly.

#### 3.2 Vaporizadores

- 3.2.1 Clasificación de acuerdo a los objetivos dentro de las plantas de proceso.
- 3.2.2 El fenómeno de ebullición. Ebullición sin flujo de fluido. Correlaciones del coeficiente de transferencia de calor para la zona de ebullición nucleada y para evaluación del flujo crítico de calor. Sistemas con flujo de fluido. Ebullición y convección combinadas. Tipos de flujo.
- 3.2.3 Rehervidores. Diferentes tipos: ventajas y desventajas de cada uno.
- 3.2.4 Rehervidor tipo marmita. Características generales. Elementos y metodología de cálculo. Diseño y verificación.
- 3.2.5 Rehervidor de termosifón vertical. Características generales. Elementos y metodología de cálculo. Diseño y verificación.
- 3.2.6 Evaporadores. Características generales. Diferentes tipos de evaporadores: ventajas y desventajas.
- 3.2.7 Utilización racional de la energía en evaporadores.
- 3.2.8 Evaporadores de múltiple efecto.
- 3.2.9 Evaporadores de recompresión de vapor.
- 3.2.10 Comparación con evaporadores de simple efecto.

3.2.11 Métodos de alimentación en evaporadores de múltiple efecto. Metodología de cálculo de evaporadores de múltiple efecto.

#### Unidad 4: Equipos de intercambio termico con combustion

##### 4.1 Introducción general.

4.1.2 Equipos donde se emplea la combustión.

4.1.3 Características generales y fines.

##### 4.2 Combustion

4.2.1 Combustión. Generalidades.

4.2.2 Combustión de hidrocarburos. Aspectos físicos y químicos de la combustión.

4.2.3 Poder calorífico superior e inferior. Estequiometría de la combustión.

4.2.4 Combustión con aire teórico y exceso de aire. Factor de exceso de aire.

4.2.5 Volumen y composición de gases de combustión. Temperatura adiabática de llama.

4.2.6 Quemadores. Tipos y características generales.

4.2.6.1 Difusionales y premezcla.

4.2.6.2 Atomización con flujo auxiliar.

##### 4.3 Hornos de proceso

4.3.1 Utilización y clasificación de acuerdo a los fines en las plantas de proceso. Características generales. Descripción.

4.3.2 Tipos de Hornos. Clasificación y selección.

4.3.3 Balances globales de energía. Elementos de cálculo.

4.3.4 Transferencia de calor en zona radiante. Revisión de radiación. Aplicación en un horno. Modelos. Zona convectiva.

4.3.5 Pérdida de carga. Chimenea: tiro. Estimación de pérdida de carga.

4.3.6 Combustibles y combustión.

4.3.6.1 Influencia en un horno.

4.3.6.2 Ubicación de los quemadores.

4.3.6.3 Verificación de un horno existente.

4.3.6.4 Diseño de un horno. Criterios para el diseño.

#### Unidad 5: Utilización racional de la energía

##### 5.1 Utilización racional de la energía.

5.1.1 Aislación térmica.

5.1.1.1 Materiales aislantes.

5.1.1.2 Características requeridas.

5.1.1.3 Clasificación de materiales aislantes.

5.1.1.4 Camisa protectora de la aislación.

5.1.1.5 Aislación por vacío. Espesor de aislación. Criterios para calcular el espesor de aislación: criterios técnicos y criterios económicos. Consideraciones prácticas para la aislación térmica.

#### BIBLIOGRAFÍA:

##### Bibliografía básica:

- Cao, E. ; "Intercambiadores de Calor". Editado por Fac. de Ingeniería (UBA) – 1983. Biblioteca Central - FI (UNLP).

- Hewitt, G.F., Sires, G.L., Bott, T.R.; "Process Heat Transfer" CRC Press - 1994 Biblioteca del DIQ - FI (UNLP).

- Kern, Donald ; "Procesos de Transferencia de Calor" CECSA – 1965. Biblioteca del DIQ - FI (UNLP).

##### Bibliografía Complementaria:

- Kakac, S. (Editor) ; "Boilers, Evaporators and Condensers" J. Wiley – 1991. Biblioteca del DIQ - FI (UNLP).

- Mariani, N.J., Martínez, O.M. ; "Aislación Térmica". Departamento de Ing. Química FI (UNLP) – 1995. Biblioteca del DIQ - FI (UNLP)

- Rohsenow, W.M., Hartnett, J.P., Ganic, E.N. "Handbook of Heat Transfer Fundamentals" and "Handbook of Heat Transfer Applications". McGraw-Hill – 1985. Biblioteca del CINDECA - FCE (UNLP).