



Universidad Nacional de Salta
**FACULTAD DE
INGENIERIA**

Avda. Bolivia 5150 - 4400 SALTA
T.E. (0387) 4255420 - FAX (54-0387) 4255351
REPUBLICA ARGENTINA
E-mail: unsaing@unsa.edu.ar

Salta, 02 de Septiembre de 2009

592/09

Expte. N° 14.271/09

VISTO:

Las actuaciones por las cuales la Ing. Angélica Arenas eleva la propuesta del dictado del Curso de Postgrado denominado **Transferencia del Calor y Materia en Procesos de Transformación Energética** a cargo del Dr. Ing. Francisco Leonardo Blangetti; y

CONSIDERANDO:

Que el citado Curso de Postgrado tendrá una duración de cuarenta (40) horas, se iniciará en el mes de Marzo de 2010, con una duración de dos (2) meses y está dirigido a docentes e investigadores, profesionales del ámbito de la energía y relacionados a ésta;

Que adjunto se detalla programa y bibliografía, requerimientos previos, sistema de evaluación, cupo;

Que la Escuela de Postgrado de la Facultad aconseja autorizar el dictado del citado Curso de Postgrado;

Que las presentes actuaciones son analizadas por el Consejo Directivo constituido en Comisión;

POR ELLO y en uso de las atribuciones que le son propias,

EL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
(En su XI sesión ordinaria del 19 de Agosto de 2009)

RESUELVE

ARTICULO 1°.- Autorizar el dictado del Curso de Postgrado denominado **TRANSFERENCIA DEL CALOR Y MATERIA EN PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN ENERGÉTICA**, a cargo del Dr. Ing. Francisco Leonardo BLANGETTI, y con la coordinación de la Ing. Angélica ARENAS, el cual se iniciará en el mes de Marzo de 2.010, con una duración de dos (2) meses, con el programa organizativo que se encuentra adjunto en el **ANEXO I** de la presente resolución.

ARTICULO 2°.- Hágase saber, comuníquese a Secretaría de Facultad, a la Escuela de Postgrado, a la coordinadora del Curso, Ing. Angélica ARENAS y por su intermedio al Dr. Ing. Francisco Leonardo BLANGETTI, a las Escuelas de Ingenierías Civil, Industrial y Química, por el Departamento de Cómputos difúndase en correo electrónico a la comunidad universitaria y en página web de la Facultad y siga por las Direcciones Administrativa Económica y Académica a la División Personal y al Departamento Docencia respectivamente, para su toma de razón y demás efectos.

AM/sia


Dra. MARIA ALEJANDRA BERTUZZI
SECRETARIA
FACULTAD DE INGENIERIA


Ing. JORGE FELIX ALMAZAN
DECANO
FACULTAD DE INGENIERIA



Universidad Nacional de Salta

FACULTAD DE
INGENIERIA

Avda. Bolivia 5150 -- 4400 SALTA
T.E. (0387) 4255420 -- FAX (54-0387) 4255351
REPUBLICA ARGENTINA
E-mail: unsaing@unsa.edu.ar

- 1 -

ANEXO I
Res. N° 592-HCD-09
Expte. N° 14.271/09

1) Nombre del Curso:

**TRANSFERENCIA DEL CALOR Y MATERIA EN PROCESOS DE
TRANSFORMACIÓN ENERGÉTICA**

2) Programa del Curso:

Seminario sobre procesos de transporte asociados a ciclos térmicos, utilización óptima de la energía con minimización del impacto ambiental

1. "Basic tools". Repaso y Recapitulación

- Definiciones. Nomenclatura a utilizarse durante el curso. Sistema de Unidades SI.
- Sistemas ideales/reales. Ecuaciones de estado (EoS) cúbicas (Peng-Robinson, Redlich-Kwong) Funciones termodinámicas derivables de las EoS. Aplicación al caso de gases: p.e.: CH₄, NH₃. Formulaciones empíricas de uso industrial: IAPWS-IF97 para la sustancia ordinaria agua.
- Diferentes expresiones de concentración: fracción másica, fracción molar, concentraciones referidas al "carrier", al volumen de disolución, etc. Transformaciones recíprocas. Aplicaciones.
- Balances de materia, de componentes y de entalpía. Micro/macro balances. Elementos de estequiometría. Ejemplos.
- Ecuaciones constitutivas para el transporte de calor (Fourier) y materia (Fick).
- Elementos de análisis numérico para la solución de sistemas implícitos de ecuaciones algebraicas (Raphson-Newton) y diferenciales (Runge-Kutta).

2. Funciones termodinámicas. Diagramas y Ciclos Térmicos.

- Definiciones de las funciones de uso corriente: u,h,s,a,g. Diagramas termodinámicos.
- Exergía. Criterio para definir la utilización energética óptima. Aplicaciones.
- Ciclos térmicos corrientes en plantas de energía. Rankine, Joule-Brayton. Ciclos combinados. Ciclos avanzados (HAT, Evaporativos). Eficiencia energética y balance exergético globales. Ejemplos. Procesos a p y T constantes: termodinámica de las celdas de combustión. Aplicaciones.
- Presión de vapor de componentes puros: Clausius, Clausius-Clapeyron. Ecuación de Antoine. Aplicaciones.

3. Psicrometría. Definiciones y Parámetros

- Construcción del diagrama entálpico para aire húmedo (Mollier).
- Ley de la palanca y balances en el diagrama de Mollier.
- Evoluciones de calentamiento, enfriamiento, humidificación y dehumidificación de aire húmedo. Punto de rocío. Aplicación.
- Termodinámica de acondicionamiento de aire y del secado

4. Transferencia de Calor

- Convección térmica en geometrías simples. Definiciones de los parámetros adimensionales que intervienen en las correlaciones (Re, Nu, Pr, Gr, Sh, Sc, etc.). Coeficientes de transferencia peliculares y totales. Aplicaciones.
- Uso de los manuales para la determinación de los coeficientes de transferencia de calor. Dependencia con las propiedades termofísicas de transporte. (Handbook of Heat Transfer, VDI-Wärmeatlas, Process Heat Transfer).
- Transmisión en geometrías complejas: tubos aletados (extended surfaces). Lechos rellenos. Ejemplos.



- Enfriamiento y solidificación de gotas en caída libre. Aplicación.
 - Condensación de vapores puros. Laminar (Nusselt)/Turbulento. Paredes verticales. Tubos horizontales. Aplicaciones.
5. Transferencia de Materia y Simultánea
- Transferencia de materia en fase gaseosa. Difusión. Coeficiente de difusión. Ecuación del transporte estacionario de materia. Ejemplos.
 - Transporte en sistemas binarios. Particularmente el sistema aire-vapor de agua. Diferentes casos: no-equimolar y equimolar.
 - Interdependencia de transporte de calor y materia: factor de corrección de Ackermann.
 - Relación de Lewis. La temperatura de bulbo húmedo. Aplicaciones.
 - Condensación en presencia de no condensables. El problema de los condensadores operando a presiones subatmosféricas (Aircoolers problem). Aplicaciones.
 - Soluciones ideales/no-ideales. Ecuaciones de equilibrio L/G: Wilson, Van Laar.
 - Condensación de sistemas binarios condensables. Introducción a la condensación de sistemas ternarios y multicomponentes (Krishna-Standart approach).
6. Criterios Básicos para el Diseño de Grandes Equipos de Transferencia
- Consideraciones generales para la ingeniería de los componentes de ciclos térmicos y equipos asociados. Los órganos primarios (prime movers): turbina de vapor, turbina de gas. Ciclos Rankine (condensación),
 - Principales representantes de estos componentes: condensadores, precalentadores (heaters), deaeradores vía desorcpción, Separadores de humedad-recalentadores (Moisture separators-reheaters), etc. Descripción funcional y fundamentos de diseño.
 - Normas de especificación de componentes de organizaciones internacionales: En particular, condensadores: VGB, ASME, H.E.I.
 - Diferentes tipos, discusión.
 - Aplicación del modelo de la VGB para la predicción de la performance de equipos de condensación.
 - Sistema de venteo de equipos de condensación. Determinación de la infiltración de aire en grandes componentes.
7. La torre de Enfriamiento Húmedo para el Agua de Refrigeración
- Estructura constructiva de los terminales fríos de los ciclos de generación (Cold Ends). Sistemas híbridos, torres de enfriamiento secas.
 - Cálculo de condensadores enfriados por aire (Air Cooled Condensers)
 - Diseño termo-hidráulico de las torres húmedas de enfriamiento. El método de Merkel-Sherwood. La integral de Merkel.
 - Método de Mickley para el cálculo de la evolución de la temperatura del aire húmedo en la torre de enfriamiento.
 - Aplicación: cálculo termohidráulico de una torre de enfriamiento húmeda.

Sobre los temas contenidos en este programa:

Los temas aquí incluidos representan una propuesta para un curso de seminario típico de actualización para ingenieros que actúan en empresas del sector energético de Europa central. El contenido, extensión y profundidad de tratamiento, inclusión de temas conexos o supresión de otros, puede ser objeto de modificaciones de conformidad con la dirección del curso, sugerencias de los participantes del mismo compatibles con la disponibilidad de tiempo para su desarrollo.



Bibliografía:

Nota preliminar

La bibliografía que se indica a continuación sirve de referencia y profundización. El material expuesto en las clases se distribuirá como notas de curso vía Internet a los participantes conforme a la modalidad ya aplicada para el curso de postgrado de 2007.

1. Bibliografía, Cap. 1

- /1/ VDI-Heat Atlas, 5. Edición (ó ed. posterior), VDI, Springer Verlag (°).
- /2/ Perry, R. and D.Green: Perry's Chem. Engn.Handbook, 6. Ed., McGraw-Hill.
- /3/ Schütt, E. Th.Nietsch und A. Rogowski: Prozessmodelle Bilanzgleichungen, VDI.
- /4/ Reid, R., J.Prausnitz und Th. Sherwood: The Properties of Gases and Liquids, 3. Ed. McGraw-Hill.
- /5/ Incropera, F. and D. De Witt: Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 2. Ed., McGraw-Hill.
- /6/ Hildebrand, F.: Numerical Analysis, 2. Ed. McGraw_Hill.

2. Bibliografía, Cap. 2

- /1/ Smith, J and H. Van Ness: Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 4.Ed., McGraw-Hill. (Traducción castellana disponible).
- /2/ VDI-Heat Atlas, 5. Edición (ó ed. posterior), VDI, Springer Verlag (°).
- /3/ Bosnjakovic, F.: Technische Thermodynamik, Tomos I y II, 8. Edición,(1998) Steinkoff.

3. Bibliografía, Cap. 3

- /1/ Konzeption und Aufbau von Dampfkraftwerkes. Handbuchreihe Energie. Herausgeber: T. Bohn. Band (5) Verlag Resch-TÜV Rheinland.
- /2/ VDI-Heat Atlas, 5. Edición (ó ed. posterior), VDI, Springer Verlag (°).
- /3/ Schlünder, E.-U. und H. Martin: Einführung in die Wärmeübertragung. Wiege Verlag.
- /4/ Poling, B. , J.Prausnitz and J.O'Connell: The Properties of Gases and Liquids, 5. Ed. McGraw-Hill.

4. Bibliografía, Cap. 4

- /1/ Transport Phenomena: Bird, R.B., W.E.Stewart und E. Leightfoot, (2002) 2. Ed., Wiley.
- /2/ Heat Exchanger Institute, Inc., Standards for Steam Surface Condensers. 9.th. Edition (1995).
- /3/ Blangetti, F., M. Arnal und J. Scoville: Comparison or the Resistance Method vs. the Factorial Method for Predicting Condenser Performance. A Critical Review of the State of the Art., EPRI Conference on Condenser Technology, Boston, August 28-30, (1996).
- /5/ VDI-Heat Atlas, 5. Edición (ó ed. posterior), VDI, Springer Verlag (°).

5. Literatura Cap. 5.

- /1/ Poling, B. , J.Prausnitz and J.O'Connell: The Properties of Gases and Liquids, 5. Ed. McGraw-Hill.
- /2/ Transport Phenomena: Bird, R.B., W.E.Stewart und E. Leightfoot, (2002) 2. Ed., Wiley.
- /3/ Bosnjakovic, F.: Technische Thermodynamik, Tomos I y II, 8. Edición,(1998) Steinkoff.
- /4/ Sherwood, Th, R.L.Pigford und Ch. Wilke: Mass Transfer (1975) McGraw-Hill.
- /5/ Mickley, H.S.: Chem. Eng. Progr., Bd. 45 (1948) S. 739/745.



6. Literatura Cap. 6.

- /1/ ASME: American Society of Mechanical Engineers, Performance Test Code 12.2 (PTC 12.2) Performance Test Code on Steam Surface Condensers, (2008).
- /2/ VGB Technische Vereinigung der Großkraftwerksbetreiber e.V.: VGB-Richtlinie für die Planung von Kühlturmanlagen, VGB-R 135 P (1997) Essen, Deutschland.
- /3/ Taborek, J.: „Effect of Fouling and Related Comments on Marine Condenser Design, Power Condenser Heat Transfer Technology, Edited by P. Marto and R. Nunn, New York, N.Y., Hemisphere Publishing (1980).
- /4/ Heat Exchanger Institute, Inc., Standards for Closed Feedwater Heaters. 6.th. Edition (1998).

7. Literatura Cap. 7.

- /1/ VGB Technische Vereinigung der Großkraftwerksbetreiber e.V.: VGB-Richtlinie für die Planung von Kühlturmanlagen, VGB-R 135 P (1997) Essen, Alemania.
- /2/ Kröger, D.: Air-Cooled Heat Transfer Exchangers and Cooling Towers (1998) University of Stellenbosch, South Africa.
- /3/ Bosnjakovic, F.: Technische Thermodynamik, Tomos I y II, 8. Edición, (1998) Steinkoff.
- /4/ Sherwood, Th, R.L. Pigford und Ch. Wilke: Mass Transfer (1975) McGraw-Hill.
- /5/ Mickley, H.S.: Chem. Eng. Progr., Bd. 45 (1948) S. 739/745.

(°) Segmentos relevantes de este manual en su versión inglesa, serán suministrados a los participantes del curso como archivos “*.pdf” vía Internet.

Lugar y horario: El curso se desarrollará en la sala de cómputos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta, en los siguientes horarios:

- Lunes: 120 minutos
- Miércoles: 90 minutos
- Viernes: 90 minutos

Cantidad de horas totales: Cuarenta (40) horas

Metodología: Clases de carácter presencial en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta (U.N.Sa).

Cupo: Se aceptarán un total de Doce (12) participantes, dado el carácter coloquial del mismo.

Sistema de evaluación:

Se deberá asistir a un mínimo del 80% de las clases teóricas y prácticas. Se extenderá **Certificado de aprobación** a quienes cumplan con los requisitos de asistencia y aprueben una Evaluación teórico-práctica al finalizar el dictado del curso.

Constancias de Asistencia (acorde al Art. 11 de Res. N° 640-CS-09 - Reglamento de Cursos de Postgrado:

“Los asistentes al curso que no hayan aprobado o rendido la evaluación podrán solicitar una constancia...”.

Se extenderá **dicha constancia** a quienes cumplan con una asistencia mínima de 80% de las clases.

Lugar y fecha de Realización: A confirmar con los asistentes.

Inscripciones: Dpto. de Presupuesto y Rendición de Cuentas de la Facultad de Ingeniería de Lunes a



Universidad Nacional de Salta
**FACULTAD DE
INGENIERIA**

Avda. Bolivia 5150 - 4400 SALTA
T.E. (0387) 4255420 - FAX (54-0387) 4255351
REPUBLICA ARGENTINA
E-mail: unsaing@unsa.edu.ar

- 5 -

ANEXO I
Res. N° 592-HCD-09
Expte. N° 14.271/09

Viernes en el horario de 8:00 a 13:00 horas, sito en Av. Bolivia 5150, teléfono 4255376 (Sra. Fabiana Chaile o Sr. Jorge Burgos).

Conocimientos previos necesarios:

Aunque las tres primeras secciones representan esencialmente un repaso de conceptos, se supone que los participantes poseen conocimientos básicos de termodinámica (primera y segunda ley), de balances elementales de masa y energía, como asimismo bases de cálculo diferencial/integral. La experiencia en programación y cálculo numérico resultará extremadamente ventajosa.

Profesionales a los que está dirigido el curso:

El campo de las transformaciones energéticas, por su complejidad y estructura específica, se va perfilando actualmente como una especialidad independiente de la ingeniería mecánica, química y la del medio ambiente: La ingeniería de las Transformaciones de la Energía.

Por simple razón de tiempo, los temas aquí abordados representan sólo un pequeño segmento de la inmensa actividad que se despliega en estos momentos. La problemática de la decarbonización de gases de combustión (CO₂-sequestering) y de ciclos de dos o más componentes (p.e. Kalina, ORC, etc.) para el aprovechamiento de fuentes de bajo nivel térmico no ha sido incluida específicamente, aún cuando descriptas las bases elementales para su cálculo.

Destinatarios de este breve sumario son por tanto aquellos ingenieros que deseen profundizar sus conocimientos en esta área tan actual y crítica y llevarlos a la práctica a través de la aplicación, la investigación y el desarrollo. A este fin los participantes deberán aportar su activa contribución en el ataque y solución de los ejemplos, problemas y aplicaciones que se propondrán a lo largo del curso.

Director Responsable del curso: Dr. Ing. Francisco Leonardo BLANGETTI

Coordinadora : Ing. Angélica ARENAS

-- 00 --