

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, 30 de Mayo de 2.003

197/03

Expte. N° 14.111/99

VISTO:

La presentación efectuada por el Dr. Juan Carlos Gottifredi, Profesor a cargo de la asignatura **Termodinámica I** mediante la cual eleva **ampliación de la bibliografía** del programa analítico oportunamente aprobado mediante Resolución N° 167-HCD-00, y el agregado de: **objetivo general, objetivos específicos, metodología y forma de evaluación de la Cátedra**; teniendo en cuenta que los mismos corresponden al Plan de Estudio 1.999 y se ajustan a los contenidos sintéticos programados en la currícula; atento que la documentación tiene la anuencia de la Escuela de Ingeniería Química, y de la Comisión de Asuntos Académicos mediante Despacho N° 237/02 y en uso de las atribuciones que le son propias,

EL H. CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA  
(en su sesión ordinaria del 6 de Noviembre de 2.002)

RESUELVE

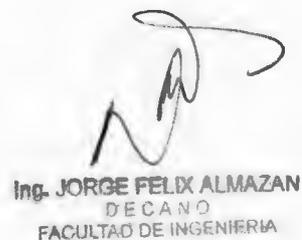
ARTICULO 1°.- Aprobar y poner en vigencia a partir del período lectivo 2.002 las modificaciones y agregados detallados en el exordio (ampliación de bibliografía, objetivo general, objetivos específicos, metodología y forma de evaluación) elevados por la Cátedra (Código Q-9) **TERMODINÁMICA I** del Plan de Estudio 1.999 de la carrera de Ingeniería Química, propuesto por el Dr. Juan Carlos GOTTIFREDI, Profesor a cargo de la cátedra.

ARTICULO 2°.- Hágase saber, comuníquese a Secretaría Académica, al Dr. Juan Carlos GOTTIFREDI y siga por la Dirección Administrativa Académica a los Departamentos Docencia y Alumnos para su toma de razón y demás efectos.

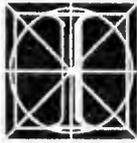
AM.



ING. DIRECTOR RAUL CASADO  
SECRETARIO  
FACULTAD DE INGENIERIA



Ing. JORGE FELIX ALMAZAN  
DECANO  
FACULTAD DE INGENIERIA



**Materia:** TERMODINÁMICA I  
**Profesor:** Dr. Juan Carlos GOTTIFREDI  
**Carrera:** Ingeniería Química  
**Año:** 2.002

**Cód.:** Q-9

**Plan:** 1.999

**Ubicación en la currícula:** Primer Cuatrimestre de 2do. Año

### Objetivo General

- Introducir al alumno en los fundamentos de la ingeniería química, preparándolo para recibir los conocimientos específicos de la carrera a adquirir en cursos posteriores.
- Introducir al alumno en el concepto de propiedades.
- Adquirir experiencia en el planteo de balances de materia, energía y entropía en sistemas cerrados y abiertos. Evolución con el tiempo y estado estacionario.
- Identificación de datos e incógnitas. Fijación de los grados de libertad de un dado problema. Ejercitación.

### Objetivos Específicos

- Introducir al estudiante en el planteo de los principios de la termodinámica desde la perspectiva del balance de propiedades extensivas (materia, energía y entropía).
- Adquirir capacidad para resolver problemas de mediana complejidad de balances de materia en sistemas cerrados y abiertos en estado estacionario, con y sin reacciones químicas. Capacidad para determinar el número de reacciones químicas linealmente independientes y su estequiometría. Igualmente para el balance de energía y entropía.
- Adquirir habilidad para el cálculo de propiedades termodinámicas.
- Realizar cálculos de estimación de la composición de equilibrio en sistemas homogéneos con más de una reacción química y en sistemas heterogéneos simples.

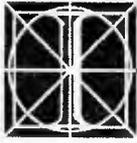
### Forma de Evaluación

- Evaluación continua del alumno y del desarrollo del curso a través de informes de trabajos prácticos, cuestionarios rápidos, evaluaciones por tema, exámenes parciales y trabajos especiales.
- Los trabajos especiales comprenden diferentes tareas, tales como análisis, exposición y discusión sobre temas relacionados con el curso, utilización de software específico, etc.
- Dependiendo del tipo de instrumento utilizado, los alumnos son evaluados en forma individual o por grupos.
- La calificación final del alumno se obtiene ponderando las diferentes formas de evaluación, de acuerdo con normas establecidas por la Facultad.

### Metodología

- Desarrollo del curso principalmente a través de clases de tipo teórico-prácticas, priorizando el aprendizaje de construcción del conocimiento por sobre la exclusiva transmisión.
- Evaluación continua del alumno y del desarrollo del curso, utilizando diferentes tipos de instrumentos.

*Handwritten signatures and initials.*



- Desarrollo de trabajos especiales tendientes a desarrollar una capacidad de expresión oral del alumno, activa participación en grupos de discusión y la integración de grupos de trabajo.

**(\*) Programa Analítico aprobado por resolución 167-HCD-00, continúa vigente a la fecha**

## PROGRAMA ANALÍTICO

### TEMA 1. INTRODUCCIÓN.

Objeto de la asignatura. La hipótesis del continuo. Sistemas homogéneos y heterogéneos. Fases de compuestos puros y más de un componente. Concentración. Diferentes formas de expresarla. Estados de la materia. El sistema gaseoso. Definición empírica de la temperatura. Relación P,V,T para sistemas gaseosos. Gases ideales y reales. Propiedades intensivas y extensivas. Teorema de Euler para funciones homogéneas de grado m. Aplicaciones a propiedades intensivas y extensivas.

### TEMA 2. BALANCE DE MATERIA.

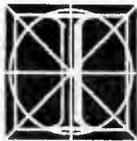
Objeto del balance de materia. La conservación de la materia. Sus alcances. La expresión matemática del balance diferencial para sistemas perfectamente mezclados. Sistemas cerrados y abiertos. Generalización del balance para un sistema multicomponente. Efecto de las transformaciones químicas. Estequiometría. Grado de avance. Su relación con el balance de materia. Ejemplos de aplicación.

### TEMA 3. BALANCE DE ENERGÍA.

Objeto del balance de energía. Conceptos básicos. Energía cinética y potencial. Trabajo. Definición. Cálculo del trabajo. Su relación con variables internas y externas. Trabajo cuasi - estático. Concepto intuitivo de reversibilidad. La energía interna. Sistemas adiabáticos. Transformaciones adiabáticas. El principio de la conservación de la energía para sistemas cerrados. Variación de la energía interna con la temperatura. Relación entre el calor específico a volumen y a presión constante. Cálculo del trabajo adiabático cuasi - estático. Sistemas no adiabáticos. Generalización para sistemas abiertos. Balances de energía en sistemas abiertos. Leyes de la Termoquímica. Balances de energía en sistemas reaccionantes. Aplicaciones.

### TEMA 4. BALANCE DE ENTROPIA.

Objeto del balance de entropía. El concepto de reversibilidad. Definición de la función entropía. El balance de entropía. El principio de la producción de entropía. Combinación del primer y segundo principio. Sus consecuencias. Desigualdad de Clausius. Cálculo de la producción de entropía. Función disipación. Definición de los potenciales termodinámicos. Cálculo de los potenciales en función de la ecuación de estado. Tablas y diagramas termodinámicos. Aplicación en cálculos ingenieriles. Sistemas abiertos en estado estacionario. Máquinas térmicas. Transformaciones cíclicas. Ciclos ideales y reales. Máquinas refrigerantes y bombas térmicas.

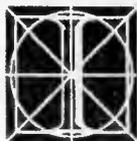


### **TEMA 5. EQUILIBRIO.**

Diferenciación entre Equilibrio y Estado Estacionario. Variaciones de Primer y Segundo Orden. Condiciones de Equilibrio. Sistemas Homogéneos. Afinidad. Deducción de la Condición de Equilibrio para Sistemas Homogéneos. Potencial Químico y Fugacidad para Sistemas Gaseosos.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- Abbott, M.M. y Van Ness, H.C.: "Teoría y problemas de termodinámica". McGraw-Hill, México, 1975. [B.I. 541.369.076 A-133, en español].
- Alberty, R.A. y Daniels, F.: "Fisicoquímica. Versión SP". C.E.C.S.A., México, 1984. [B.I. 541.3 A-334, en español].
- Aris, R.: "Análisis de Reactores". Alhambra, Madrid, 1973. [B.I. 660.283 A-714e, en español].
- Balzhiser R.E. y Samuels M.R.: "Termodinámica para Ingenieros". Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1979. [B.I. 541.369 B-198t, en español].
- Balzhiser R.E.; Samuels M.R. and Eliassen J.D.: "Chemical Engineering Thermodynamics. The study of Energy, Entropy, and Equilibrium". Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1972. [B.I. 541.369 B-198c, en inglés].
- Balzhiser R.E.; Samuels M.R. and Eliassen J.D.: "Termodinámica química para ingenieros". Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1974. [B.I. 541.369 B-198e, en español].
- Bejan, A.: "Advanced Engineering Thermodynamics". 2nd Ed., John Wiley & Sons, Inc., New York, 1997. [B.I. 621.402.1 B-423, en inglés].
- Callen H.B.: "Thermodynamics: An introduction to the physical theories of equilibrium thermostatics and irreversible thermodynamics". John Wiley, New York, 1960. [B.I. 541.369 C-157, en inglés].
- Callen H.B.: "Termodinámica: Introducción a las Teorías Físicas de la Termostática de Equilibrio y de la Termodinámica Irreversible". AC Libros Científicos y Técnicos, Madrid, 1981. [B.I. 541.369 C-157e, en español].
- Denbigh, K.: "The Principles of Chemical Equilibrium with Applications in Chemistry and Chemical Engineering". University Press, Cambridge, 1964. [B.I. 541.392 D-391p, en inglés].
- Dodge, B.F.: "Chemical Engineering Thermodynamics". Mc Graw-Hill, New York, 1944. [B.I. 541.369 D-644, en inglés].
- Faires, V.M.; Simmang, C.M. y Brewer, A.V.: "Problemas de Termodinámica". UTEHA, México, 1976. [B.I. 541.369.076 F-165p, en español].
- Henley, E.J. y Rosen, E.M.: "Cálculo de Balances de Materia y Energía: Métodos manuales y empleo de máquinas calculadoras". Reverté, Barcelona, 1973. [B.I. 660.2 H-514e, en español].
- Himmelblau, D.M.: "Basic principles and calculations in chemical engineering". 3th Ed., Prentice-Hall, New Jersey, 1974. [B.I. 660.284 H-658b, en inglés].
- Himmelblau, D.M.: "Basic principles and calculations in chemical engineering". 6th Ed., Prentice-Hall, New Jersey, 1996. [B.I. 660.284 H-658e6, en inglés].



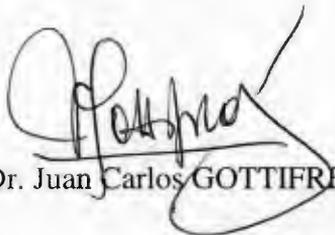
Universidad Nacional de Salta

FACULTAD DE  
INGENIERIA

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

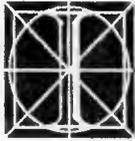
-5-

- Himmelblau, D.M.: "Principios básicos y cálculos en ingeniería química". 2da Ed. (traducción 6ta ed. inglés), Prentice-Hall Hispanoamericana, México, 1997. [B.I. 660.284 H-658e2, en español].
- Hougen, O.A.; Watson, K.M. y Ragatz, R.A.: "Principio de los Procesos Químicos". Reverté, Barcelona, 1976. [B.I. 660.2 H-838e, Vol I y II, en español].
- Jones, B.J. y Dugan, R.E.: "Ingeniería Termodinámica". Prentice-Hall Hispanoamericana, México, 1997. [B.I. 541.369 J-77, en español].
- Kyle B.G.: "Chemical and Process Thermodynamics". Prentice-Hall, New Jersey, 1984. [B. INIQUI K-99, en inglés].
- Levenspiel, O.: "Fundamentos de Termodinámica". Prentice-Hall Hispanoamericana, México, 1997. [B.I. 541.369 L-657f, en español].
- Lewis G.N. and Randall M.: "Thermodynamics". 2nd Ed., Mc Graw-Hill, New York, 1961. [B.I. 541.369 L-674, en inglés].
- Münster, A.: "Classical Thermodynamics". John Wiley & Sons, Inc., New York, 1970. [B.I. 541.369 M-969, en inglés].
- Prigogine, I. and Defay, R.: "Chemical Thermodynamics". Longmans, Londres, 1962. [B.I. 541.369 P-951, en inglés].
- Rotstein E. y Fornari R.E.: "Termodinámica de procesos industriales, exergía y creación de entropía". Edigem, Buenos Aires, 1984. [B.I. 621.402.1 R-849, en español].
- Russel L.D. y Adebisi G.A.: "Termodinámica Clásica". Adison-Wesley Iberoamericana, Delaware, 1997. [B.I. 541.369 R-964, en español].
- Sandler, S.I.: "Chemical and Engineering Thermodynamics". John Wiley & Sons, Inc., New York, 1977. [B.I. 541.369 S-217, en inglés].
- Smith, J.M. y Van Ness, H.C.: "Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química". Mc Graw-Hill, México, 1980. [B.I. 541.369 S-651i, en español].



Dr. Juan Carlos GOTTIFREDI





- **Cuestionarios por Tema (C2):** Al finalizar cada uno de los temas del programa de la materia los alumnos serán evaluados con cuestionarios de carácter teórico-práctico referidos al tema en cuestión. La fecha de estos cuestionarios será conocida por el alumno con suficiente anticipación. *Los Cuestionarios por Tema deben considerarse como preparatorios para el Examen Parcial.*
- **Trabajos Especiales (C3):** Comprende diferentes tareas: búsqueda bibliográfica, estudio, exposición y discusión sobre temas específicos, búsqueda o planteo de nuevos problemas para resolver, experiencias frente a la computadora con software específico, etc.
- En cada uno de los ítems anteriores se calificará en escala de 0-100 y la nota del **Punto C** será un promedio de los mismos.

## 2. CALIFICACIÓN DEL CICLO DE EVALUACIÓN

Cada vez que el alumno rinda un Examen Parcial (con su Recuperación), se completa un Ciclo de Evaluación. En ese momento la cátedra publicará los resultados obtenidos en cada una de las evaluaciones indicadas anteriormente y la Calificación correspondiente a dicho ciclo. Esta Calificación ( $N_i$ ) se obtiene como promedio ponderado de las evaluaciones (A, B y C), de acuerdo con la siguiente expresión:

$$N_i = 0.60 \times A_i + 0.15 \times B_i + 0.25 \times C_i$$

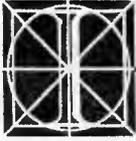
Siendo  $A_i$  la calificación obtenida en el Examen Parcial correspondiente al ciclo (i),  $B_i$  el promedio de las evaluaciones por Cumplimiento de Tareas,  $C_i$  el promedio de las Evaluaciones por Tema de ese ciclo y  $N_i$  la calificación final correspondiente al ciclo evaluado (Primero, Segundo o Tercero), en escala de 0-100.

## 3. NOTA DE CALIFICACIÓN FINAL

La calificación final (N) del alumno en la materia se obtiene al final del cursado promediando las obtenidas en los tres ciclos de evaluaciones.

- **Alumnos Aprobados:** Los alumnos que obtengan una calificación final N comprendida entre 70 y 100 puntos aprueban directamente la materia. La nota que figurará en la Libreta Universitaria y en su Estado Curricular será: 7 (siete) para N de 70 a 75; 8 (ocho) para N de 76 a 82; 9 (nueve) para N de 83 a 90; 10 (diez) para N de 91 a 100.
- **Alumnos no Aprobados:** Los alumnos que obtengan una calificación final N en la materia inferior a los 70 puntos pasan a un Ciclo de Recuperación que podrá extenderse durante todo el período de receso académico hasta la iniciación del cuatrimestre siguiente.
- **Alumnos Libres:** Los alumnos que obtengan una calificación final N inferior a los 40 puntos quedan libres en la materia y deberán cursarla nuevamente.

*Handwritten signatures and marks:*  
A large handwritten mark resembling a stylized 'S' or 'J' is on the left.  
A signature is written below the 'Alumnos Libres' bullet point.  
Another signature is written below the 'Alumnos no Aprobados' bullet point.

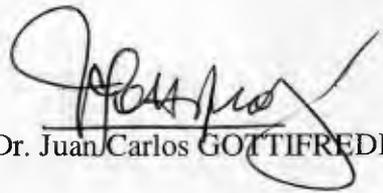


#### **4. CICLO DE RECUPERACIÓN**

En función de la cantidad de alumnos que pasen a este ciclo, los mismos serán divididos como mínimo en dos grupos, de acuerdo con la calificación final N obtenida durante el cursado. La cátedra establecerá un plan de trabajo para cada uno de los grupos, comprendiendo recuperación de cuestionarios, resolución de problemas, clases de consulta, clases de apoyo, nuevos cuestionarios y hasta un examen parcial complementario, de acuerdo con las necesidades detectadas por la cátedra en cada uno de los grupos.

Los alumnos que aprueben este ciclo de recuperación aprueban la materia. La nota que figurará en la Libreta Universitaria y en su Estado Curricular se obtendrá como promedio ponderado del rendimiento del alumno durante el cursado y en este período de recuperación.

*Handwritten initials/signature*

  
Dr. Juan Carlos GOTTIFREDI