



Universidad Nacional de Luján
Departamento de Tecnología

LUJÁN, 17 DE ABRIL DE 2023

VISTO: La presentación del programa de la asignatura Termodinámica (40935) correspondiente a la Carreras de Ingeniería Industrial e Ingeniería en Alimentos efectuada por la Profesora Responsable, y

CONSIDERANDO:

Que el referido programa se presentó ante las respectivas Comisiones Plan de Estudios de las Carreras de Ingeniería en Alimentos e Ingeniería Industrial quines aconsejan su aprobación.

Que corresponde al Consejo Directivo la aprobación de los programas de las asignaturas de las distintas carreras a las que presta servicios académicos este Departamento, conforme el artículo 64, inciso d) del Estatuto de esta Universidad.

Que el Consejo Directivo Departamental, mediante Disposición DISPCD-TLUJ: 0000357/14, delegó en su Presidente la emisión de actos administrativos de aprobación de programas de asignaturas, que cuenten con el informe favorable de la Comisión Plan de Estudios correspondiente.

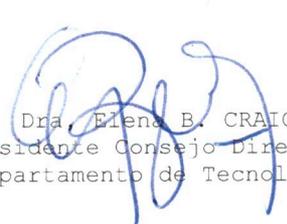
Por ello,

LA PRESIDENTA DEL CONSEJO DIRECTIVO
DEL DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA
D I S P O N E:

ARTÍCULO 1º.- APROBAR el programa de la asignatura Termodinámica (40935): 2023 - 2024 - Planes 01.09 y 25.08, correspondiente a las Carreras de Ingeniería en Alimentos e Ingeniería Industrial, respectivamente, que como Anexo forma parte de la presente Disposición.-

ARTÍCULO 2º.- Regístrese, comuníquese, remítase a la Dirección General de Asuntos Académicos. Cumplido, archívese.-

DISPOSICIÓN DISPPCD-TLUJ: 0000048-23


Dra. Elena B. CRAIG
Presidente Consejo Directivo
Departamento de Tecnología

PROGRAMA OFICIAL

1/6

DENOMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD: 40935 - Termodinámica

TIPO DE ACTIVIDAD ACADÉMICA: Asignatura

CARRERAS: Ingeniería en Alimentos e Ingeniería Industrial

PLANES DE ESTUDIOS: 01.09 (Ingeniería en Alimentos) y 25.08 (Ingeniería Industrial)

DOCENTE RESPONSABLE:

Farías, María Edith – Profesora adjunta

EQUIPO DOCENTE:

Pecorino, Claudia – Jefa de trabajos prácticos

Tabarez, Federico – Jefe de trabajos prácticos

Giop, Juan – Ayudante de primera

Felice, Agustín – Ayudante de primera

Simón, Virginia – Ayudante de segunda

Valle Palacios, Tomás – Ayudante de segunda

ACTIVIDADES CORRELATIVAS PRECEDENTES (Ingeniería en Alimentos, plan 01.09):

PARA CURSAR:

Estrictas: 10908-Física I y 40002-Introducción a la Ingeniería en Alimentos en condición de Regulares.

Recomendadas: 10933-Química General y 10923-Análisis Matemático II.

PARA APROBAR:

Estrictas: 10908-Física I y 40002-Introducción a la Ingeniería en Alimentos en condición de Aprobadas.

Recomendadas: 10933-Química General y 10923-Análisis Matemático II.

ACTIVIDADES CORRELATIVAS PRECEDENTES (Ingeniería Industrial, plan 25.08):

PARA CURSAR:

10908-Física I en condición de Regular. 40801-Introducción a la Ingeniería y 10933-Química General en condición de Aprobadas.

PARA APROBAR:

10908-Física I, 40801-Introducción a la Ingeniería y 10933-Química General en condición de Aprobadas.

CARGA HORARIA TOTAL:

HORAS SEMANALES: 8

HORAS TOTALES: 120

CARGA HORARIA TOTAL: HORAS SEMANALES: 8 - HORAS TOTALES 120

DISTRIBUCIÓN INTERNA DE LA CARGA HORARIA:

TEÓRICO: 50%, 4 horas semanales.

PRACTICO: 50%, 4 horas semanales

PERÍODO DE VIGENCIA DEL PRESENTE PROGRAMA: 2023 - 2024

CONTENIDOS MÍNIMOS O DESCRIPTORES (Ingeniería en Alimentos, Plan 01.09)

Profundiza el estudio de la física de la energía partiendo del conocimiento de las propiedades de las sustancias, consideradas como sistemas que sirven de asiento a los procesos en los que juegan transformaciones e intercambios energéticos, con especial énfasis en los desequilibrios que los generan y los equilibrios hacia los que tienden. Se examinan en particular los atributos cuantitativos y cualitativos de la energía con el objeto de desarrollar la capacidad de identificar, localizar y analizar procesos que involucren efectos termoenergéticos a fin de analizar su factibilidad y evaluarlos desde ambos puntos de vista.

CONTENIDOS MÍNIMOS O DESCRIPTORES (Ingeniería Industrial, Plan 25.08)

Sistemas termodinámicos abiertos; cerrados y aislados. Equilibrio. Transformación. Sustancias Puras y sus mezclas. Diagramas: p-v-t. Gases ideales y reales. Cambios de fase. Trabajo y calor. Primer principio de la termodinámica. Transformaciones. Concepto de energía interna y de entalpía. Balance de energía. Segundo principio de la termodinámica. Teorema de Carnot. Rendimiento de una máquina térmica. Ciclos de gases y vapores. Ciclos Concepto de entropía. Diagramas. Rendimiento isoentrópico. Balances de entropía. Exergía. Rendimiento exergético. Balance de exergía. Potencial termodinámico. Aire húmedo. Parámetros fundamentales. Diagramas. Procesos.

FUNDAMENTACIÓN

La Termodinámica es un área esencial e independiente de la física, que se define como la Ciencia que estudia la transformación, la transferencia, conservación y disponibilidad de la energía optimizando su conversión con procesos y sistemas eficientes. La asignatura Termodinámica contribuye al desarrollo de la base conceptual y metodológica para el diseño y cálculo de problemas ingenieriles mediante el manejo de las herramientas que proporciona a través de sus Principios. El abordaje de la Termodinámica es fundamental para el entendimiento de los fenómenos macroscópicos asociados a la transferencia de masa, calor y trabajo, así como proporciona las bases de estudio de otras disciplinas como la Fisicoquímica, Mecánica de Fluidos, los Fenómenos de Transporte de calor y momento y masa, las Máquinas Térmicas y las Operaciones Unitarias de la Ingeniería.

OBJETIVOS:

Se espera que el estudiante:

- Defina, describa y calcule los parámetros termodinámicos utilizando las diversas funciones de estado para las sustancias puras.
- Identifique, clasifique y seleccione adecuadamente los sistemas y aplique los Principios de la Termodinámica tanto en las realidades y experiencias cotidianas como también en sistemas modelo de la Ingeniería.
- Conozca los sistemas productores y consumidores de potencia, manejando los fundamentos energéticos de sus diseños, para aplicar y calcular correctamente los balances de energía, entropía y exergía.
- Conozca y comprenda los fundamentos de la entropía y la exergía como condición para disminuir los deterioros energéticos y aumentar la eficiencia de los equipos y los procesos.
- Adquiera y maneje los conceptos fundamentales de psicrometría.

COMPETENCIAS

En las distintas acciones formativas, se evaluarán los conocimientos que el estudiante posee y el cumplimiento de las competencias específicas y generales en conjunto:

Competencias específicas:

- Aplique los balances de materia, energía y entropía en problemáticas de la Ingeniería.

Competencias técnicas transversales:

- Ejercer la capacidad de comparar, distinguir y evaluar.

- Se exprese con precisión usando el lenguaje técnico en forma oral y escrita

Competencias sistémicas:

- Reconozca la importancia del cuidado de la energía y aplique las Leyes de la Termodinámica para reconocer su deterioro.

Competencias personales y participativas:

- Razone con criterio propio, distinga entre lo principal y accesorio.
- Exponga sus conocimientos, habilidades y aptitudes en un contexto de trabajo en equipo multidisciplinario contemplando que los estudiantes pertenecen a dos carreras de ingeniería (alimentos e industrial).

CONTENIDOS

UNIDAD 1: INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS FUNDAMENTALES

Termodinámica: su importancia en la Ingeniería. Sistemas termodinámicos: clasificación. Propiedades, estados, procesos y transformaciones. Ciclo. Equilibrio. Funciones de estado, extensivas e intensivas. Sistema de unidades. El modelo de gas ideal. Ley cero de la Termodinámica. Termómetro de gas. Propiedades de una sustancia pura, simple y compresible. Relaciones p, v, T de sustancias puras. Superficies de estado. Líquido y vapor saturado: título. Líquido comprimido o subenfriado. Vapor sobrecalentado. Tablas de propiedades termodinámicas de las sustancias de trabajo: descripción y manejo. Funciones de estado para gases reales: ecuación de van der Waals, factor de compresibilidad. Mezclas de gases ideales. Mezcla de gases reales: regla de Kay. Coeficientes expansibilidad volumétrica, β , y de compresión adiabática, κ .

UNIDAD 2: ENERGÍA. PRIMER PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA: SISTEMA CERRADO.

Energía: valor de la energía en la sociedad. Formas de la energía. Energía como propiedad de un sistema. Sistemas cerrados o masa de control. Transferencias de energía: calor y trabajo. Trabajo de compresión y de expansión; reversible, cuasiestático e irreversible. Irreversibilidad. Energía interna. Experiencia de Joule. Primer Principio para sistemas cerrados. Entalpía. Capacidad calorífica. Calor específico. Análisis energético aplicado ciclos.

UNIDAD 3: PRIMER PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA: VOLUMENES DE CONTROL

Balance de masa y balance de energía para un volumen de control. Trabajo de flujo. Trabajo de circulación. Transformaciones politrópicas reversibles o cuasi estáticas en gases perfectos. Análisis de volúmenes de control en estado estacionario: válvulas, intercambiadores de calor, turbinas, compresores, bombas, toberas, difusores. Trabajo de circulación para fluidos incompresibles. Balance de masa y energía de volúmenes de control en estado no estacionario: llenado y vaciado.

UNIDAD 4: SEGUNDO PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA

Causas de irreversibilidad. Fuentes, reservorios o sumideros. Enunciados del segundo principio: Clausius, Kelvin-Planck. Máquinas térmicas reversibles e irreversibles. Máquinas de potencia, refrigeración y bomba de calor. Reversibilidad e irreversibilidad de un ciclo: internas y externas. Teorema de Carnot: demostración de primer y segundo corolario. Rendimiento térmico y COP (Coeficiente de performance). Ciclo de Carnot.

UNIDAD 5: ENTROPÍA

La desigualdad de Clausius, importancia y demostración. Entropía. Entropía generada, del universo o entropía total. El principio del incremento de entropía. Escala de temperatura termodinámica. Cambio de entropía de un sistema. Entropía de una sustancia pura: de un gas ideal, líquido, sólido, de gases reales y vapores. Entropía en procesos reversibles e irreversibles. Procesos isoentrópicos. Flujo y generación de entropía. Balance de entropía para sistemas cerrados y para volúmenes de control. Diagramas T-s y h-s para gases y vapores. Rendimiento isoentrópico de dispositivos adiabáticos de flujo permanente. Compresión en etapas, rendimiento isotérmico. Balance de entropía de volúmenes de control en estado no estacionario: llenado y vaciado.

UNIDAD 6: EXERGÍA

Exergía o disponibilidad: definición. Estado muerto. Diferencias entre energía, anergía y exergía. Función

PROGRAMA OFICIAL

4/6

de Darrieus. Exergía para una fuente. Trabajo de dilatación. Balance de exergía para sistemas cerrados. Flujo de exergía. Exergía de vacío. Balance de exergía para volúmenes de control. Rendimientos exergéticos: aplicación a dispositivos y procesos. Concepto gráfico: Diagramas de Sankey.

UNIDAD 7: CICLOS DE POTENCIA Y DE REFRIGERACIÓN

Ciclo de potencia con vapor: Rankine. Modificaciones y mejoras: sobrecalentamiento, recalentamiento, extracciones regenerativas. Ciclos de potencia con gases: Otto, Diesel, Joule-Brayton.

Ciclos frigoríficos por compresión de vapor. Modificaciones: subenfriamiento, sobrecalentamiento, doble expansión, doble compresión, doble evaporación. Rendimiento exergético aplicado a ciclos.

UNIDAD 8: MEZCLAS NO REACTIVAS DE GASES IDEALES. PSICROMETRÍA

Aire húmedo. Humedad relativa y absoluta. Temperaturas de bulbo seco, húmedo, de rocío y de saturación adiabática. Entalpía y entropía del aire húmedo. Diagramas de Mollier y psicrométrico. Determinación gráfica y analítica de las propiedades. Aplicación de los balances de masa y energía a procesos con aire húmedo: calentamiento, enfriamiento, humidificación, mezclas, compresión, secado. Procesos combinados para tratamiento y acondicionamiento de aire. Torres de enfriamiento. Segundo principio aplicado a mezclas de aire húmedo. Análisis exergético aplicados al tratamiento y acondicionamiento de aire.

UNIDAD 9: MEZCLAS REACTIVAS. COMBUSTIÓN.

Aplicación del primer principio a sistemas reactivos. Estequiometría de las reacciones. Entalpía de formación. Entalpía de reacción. Poder caloríficos superior e inferior. Aplicaciones a reacciones de combustión con aire mínimo y en exceso. Temperatura de llama adiabática. Análisis exergético de sistemas reactivos.

UNIDAD 10: RELACIONES TERMODINÁMICAS PARA SUSTANCIAS SIMPLES COMPRESIBLES

Ecuaciones de estado. Función de Helmholtz. Función de Gibbs. Diferenciales exactos. Relaciones de Maxwell. Ecuación de Clapeyron y de Clausius-Clapeyron. Coeficiente de Joule-Thomson. Determinación de propiedades de las sustancias puras a través de diferenciales exactas.

METODOLOGÍA

Mediante el desarrollo de las clases teóricas y prácticas se intenta que el estudiante se sitúe en su futuro ámbito de trabajo para identificar allí los sistemas objeto de su estudio. Se diagraman las clases considerando un contenido teórico y uno práctico.

El contenido teórico se expone presencialmente utilizando pizarrón, proyección de diapositivas, medios audiovisuales y otras herramientas didácticas. Las clases teóricas están disponibles en el Aula Virtual para los estudiantes, para un mejor seguimiento de los temas. A su vez, se fomenta la lectura de textos de diversos autores. Se incluyen ejemplos tomados de la ingeniería como así de situaciones diarias y domésticas.

Cada tema teórico contará con la aplicación práctica correspondiente, que se expone oralmente apoyando la explicación con el pizarrón. Se pone al estudiante en contacto con situaciones profesionales y se fomenta su participación para habituarlos a intercambiar ideas. Se valora el trabajo en equipo, y los docentes asesoran permanentemente en el trabajo. Se emplean las técnicas didácticas necesarias para llevar al estudiante a habituarse a preguntar, meditar, cuestionar, discutir y aportar su propio pensamiento en forma creativa. Se fomenta permanentemente la expresión oral. Se exigirá la correcta expresión escrita y gráfica, tanto en las evaluaciones como en los prácticos presentados.

Se hace uso del Aula Virtual para dar lugar a una actualización y comunicación permanente.

TRABAJOS PRÁCTICOS

Las clases de trabajos prácticos son presenciales y son desarrolladas mediante 9 (nueve) series de problemas. La ejercitación está disponible en el Aula Virtual o impresa para su adquisición comercial, en forma de Guías de Trabajos Prácticos, y son las siguientes:

- 1- Propiedades fundamentales (P, v, T). Gases ideales
- 2- Sustancias puras. Gases reales

PROGRAMA OFICIAL

5/6

- 3- Energía. Calor y trabajo
- 4- Primer principio: sistemas abiertos
- 5- Primer principio: sistemas cerrados
- 6- Entropía y segundo principio
- 7- Sistemas abiertos no permanentes
- 8- Exergía
- 9- Aire húmedo

Las mismas consisten en problemas con resolución numérica, algunos problemas pueden ser de diseño y final abierto. Partiendo del concepto de que un ingeniero es un optimizador y de que no existe una solución única para cada problema, sino que se debe elegir, de entre todas las posibles, la mejor para esa circunstancia, se induce al alumno a investigar buscando todo tipo de información, sea ésta sistematizada o no, para lograrlo. Se plantean situaciones que permiten el diálogo e intercambio de opiniones. Se aprovecha toda posibilidad de enseñanza ocasional. Se usan técnicas adecuadas de dinámica grupal para el tratamiento de temas especiales. Los estudiantes se organizan en grupos operativos de trabajo para encarar, discutir y resolver las Guías de Trabajos Prácticos.

REQUISITOS DE APROBACION Y CRITERIOS DE CALIFICACIÓN:

CONDICIONES PARA PROMOVER (SIN EL REQUISITO DE EXAMEN FINAL)

DE ACUERDO AL ART.23 DEL REGIMEN GENERAL DE ESTUDIOS RESHCS-LUJ:0000996-15

- a) Tener aprobadas las actividades correlativas al finalizar el turno de examen extraordinario de ese cuatrimestre.
- b) Cumplir con un mínimo del 80 % de asistencia para las actividades prácticas.
- c) Aprobar todos los trabajos prácticos previstos en este programa, pudiendo recuperarse hasta un 25% del total por ausencias o aplazos
- d) Aprobar el 100% de las 2 (dos) evaluaciones previstas con un promedio no inferior a seis (6) puntos sin recuperar ninguna.
- e) Aprobar una evaluación integradora de la asignatura con calificación no inferior a siete (7) puntos. La calificación final será la correspondiente a la evaluación integradora.

CONDICIONES PARA APROBAR COMO REGULAR (CON REQUISITO DE EXAMEN FINAL)

DE ACUERDO AL ART.24 DEL REGIMEN GENERAL DE ESTUDIOS RESHCS-LUJ:0000996-15

- a) Estar en condición de regular en las actividades correlativas al momento de su inscripción al cursado de la asignatura.
- b) Cumplir con un mínimo del 40 % de asistencia para las actividades prácticas.
- c) Aprobar todos los trabajos prácticos previstos en este programa, pudiendo recuperarse hasta un 40% del total por ausencias o aplazos
- d) Aprobar el 100% de las 2 (dos) evaluaciones previstas con calificación no inferior a cuatro (4) puntos, pudiendo recuperar el 50% de las mismas. Cada evaluación solo podrá recuperarse en una oportunidad.

EXAMENES PARA ESTUDIANTES EN CONDICIÓN DE LIBRES

1. Para aquellos estudiantes que, habiéndose inscriptos oportunamente en la presente actividad hayan quedado en condición de libres por aplicación de los artículos 22, 25, 27, 29 o 32 del Régimen General de Estudios, podrán rendir en tal condición la presente actividad.
2. Para aquellos estudiantes que no cursaron la asignatura y se presenten en condición de alumnos libres en la Carrera, por aplicación de los artículos 10 o 19 del Régimen General de Estudios, NO podrán rendir en tal condición la presente actividad.
3. Las características del examen libres son las siguientes: consistirá en la resolución de un problema integrador correspondiente a la parte práctica de forma escrita. Aprobado éste, se pasará a un



PROGRAMA OFICIAL

6/6

examen oral donde se evaluarán los contenidos teóricos de la asignatura. Ambos deben ser superados para aprobar. No es necesario que el estudiante se comuniquen con el equipo docente para recibir indicaciones, se presentará directamente en la mesa de examen, previa inscripción.

BIBLIOGRAFÍA

_-Obligatoria:

- Çengel Y., Boles M y Kanoğlu M. Termodinámica (4º Ed. en español). Editorial Mc Graw-Hill, Barcelona, España, 2019. ISBN: 978-1-4562-6978-4.
- García, C. A. Termodinámica Técnica, Editorial Alsina, Buenos Aires, Argentina, 1997. ISBN: 950-553-010-2.
- Morán, M.J. & Shapiro, H.N. Fundamentos de Termodinámica Técnica (2º Ed. en español). Editorial Reverté, 2004. ISBN: 84-291-1313-0.

- Recomendada:

- Borgnakke C. & Sonntag R. Fundamentals of Thermodynamics (8 º Ed.). Willey, USA., 2013. ISBN: 978-0-470-04192-5.
 - Howell, J.R. & Buckius, R.O. Principios de termodinámica para ingenieros (1º Ed.). Editorial Mc. Graw Hill, México, 1990. ISBN: 988-422-571-7
 - Rolle, K. C. Termodinámica, (6ta Ed.), Editorial Pearson, USA, 2006. ISBN: 970-26-0757-4
 - Rajput, R. K. Engineering thermodynamics. (3th Edition) LAXMI PUBLICATIONS, India. 2007. ISBN: 978-0-7637-8272-6 3678
 - Wark, K. & Richards, D. Termodinámica. (6º Edición en español). Editorial Mc Graw Hill, México. 2001, ISBN: 84-481-2829-X
-

DISPOSICIÓN DE APROBACIÓN: PCDD-T



María Edith Faiz



Dra. Elena B. CRAIG
Directora Decana
Departamento de Tecnología