



**PROGRAMA ANALÍTICO**

**FACULTAD: INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO: MECÁNICA**

**CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA**

**PLAN DE ESTUDIO: 2005**

**MODALIDAD DE CURSADO: PRESENCIAL**

**ORIENTACIÓN: NO POSEE**

**ASIGNATURA: TERMODINÁMICA**

**CÓDIGO: 0324**

**DOCENTE RESPONSABLE:**

NOMBRE	GRADO ACAD. MAX	CARGO	DEDICACIÓN
Jorge Raúl Barral	Master of Science en Ing. Mecánica	Profesor Titular	Exclusiva

**EQUIPO DOCENTE:**

NOMBRE	GRADO ACAD. MAX	CARGO	DEDICACIÓN
Jorge Raúl Barral	Master of Science en Ingeniería Mecánica	Profesor Titular	Exclusiva
Pablo Daniel Galimberti	Magister en Energías Renovables	Profesor Asociado	Exclusiva

**AÑO ACADÉMICO: 2022**

**CARÁCTER DE LA ASIGNATURA: Obligatoria**

**RÉGIMEN DE LA ASIGNATURA: Cuatrimestral**

**UBICACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIO: 1ER. CUATRIMESTRE DE 3ER.AÑO**

**RÉGIMEN DE CORRELATIVIDADES:**

<i>Aprobada</i>	<i>Regular</i>
0320	0412
0402	-
0411	-

**ASIGNACIÓN DE HORAS:**

Horas Totales		(105h)
Semanales		(7 h)
Teóricas		(55 h)
Prácticas	Resolución de problemas	(45 h)
	Laboratorio	(5 h)
	Proyecto	(... h)
	Trabajo de campo	(... h)
Teórico-Prácticas		(... h.)



## FUNDAMENTACIÓN DE LOS OBJETIVOS, CONTENIDOS, PROPUESTA METODOLÓGICA Y EVALUACIÓN DEL PROGRAMA:

La Termodinámica contribuye a desarrollar la base conceptual y metodológica del futuro profesional de Ingeniería Mecánica, completando e integrando su fundamentación física matemática trabajada en otras asignaturas de la carrera, e introduciéndolo en aplicaciones tecnológicas básicas en el área de las Ciencias Térmicas. Dado su objeto de estudio, esta disciplina desempeña un importante papel en la formación de una concepción científica de la naturaleza, pero sin dejar de ver la integralidad de los problemas globales socio económicos y de sustentabilidad que afronta el mundo, con la humanidad como principal protagonista. El estudio del programa se realiza a través de las leyes y teorías físicas más generales, que se tratan siguiendo un orden lógico, considerando aspectos históricos relacionados con el desarrollo de esta especialidad y sus métodos, que se consideren primordiales para el logro objetivos educativos contextualizados e integrales. La termodinámica es una materia esencial, con leyes que le son propias, pero muy vinculada a otras áreas de la física, que conduce al entendimiento de muchos fenómenos básicos e importantes que tienen que ver con el comportamiento térmico de la materia a nivel macroscópico sin analizar sus aspectos microscópicos. Con el proceso de enseñanza-aprendizaje que se brinda en este curso de termodinámica se pretende preparar al estudiante en el entendimiento fenomenológico del calor, trabajo, energía y entropía, dándole las bases tanto para una eventual profundización en caminos investigativos de la ciencia, como así también capacitándolo para la interpretación de los procesos y funcionamientos de las aplicaciones ingenieriles actuales y futuras.

### OBJETIVOS PROPUESTOS:

#### *OBJETIVOS GENERALES:*

Se espera que el alumno:

- Conozca e interprete los conceptos básicos y principios fundamentales de la Termodinámica.
- Totalice los contenidos de la asignatura con los correspondientes a materias afines del ciclo básico y medio y esté preparado para integrarlos con los de las materias del ciclo superior, de forma tal de entender el uso de la Termodinámica en problemas de Ingeniería.
- Comprenda la fundamentación netamente experimental de la Termodinámica Clásica y conozca la formulación matemática que la sustenta, como así también las herramientas necesarias para la resolución de casos prácticos.
- Sea capaz de percibir e interpretar las razones físicas propias de los distintos temas de la Termodinámica.
- Adquiera habilidad en la aplicación de su conocimiento teórico en problemas reales, teniendo en cuenta las hipótesis simplificadoras, alcances y limitaciones del presente curso de Termodinámica.

#### *OBJETIVOS ESPECÍFICOS:*

Se pretende que el alumno sea capaz de:

- Utilizar las consecuencias del Primer y Segundo Principios de la Termodinámica en la resolución de problemas de sistemas cerrados y abiertos, con flujo estacionario y no estacionario.
- Manejar con soltura los conceptos y aplicaciones de Calor, Trabajo, Energía Interna, Entalpía y Entropía, como así también los diagramas presión-volumen, temperatura-entropía y entalpía-entropía.



- c) Adquirir un conocimiento cualitativo de las relaciones entre las propiedades termodinámicas más importantes de las sustancias puras, interpretando claramente las condiciones de equilibrio y de transición de fase.
- d) Juzgar y evaluar las performances de de ciclos de instalaciones térmicas y la conveniencia de la aplicación de ellos en los casos particulares que correspondan.
- e) Tomar los conocimientos básicos de la Termodinámica para escoger los caminos adecuados que le permitan calcular procesos y ciclos en los cuales intervengan líquidos, sólidos y gases.
- f) Desarrollar habilidad en la resolución de problemas que involucren compresores, ciclos de refrigeración y bombas de calor, introduciéndose en conceptos básicos de instalaciones y distintos tipos de máquinas.
- g) Manejar los conceptos que importan a la Psicrometría, a fin de aplicarlos en forma conveniente para la obtención de resultados numéricos.
- h) Trabajar con soltura con las distintas tablas y diagramas de propiedades de distintas sustancias, como así también manejar las distintas unidades típicas de la Ingeniería Termodinámica y sus correspondientes conversiones.
- i) Entender las ventajas que ofrecen algunos softwares comerciales y programas accesibles vía Internet, específicos para Termodinámica, introduciéndose en el manejo de algunos de ellos para la resolución de problemas concretos.

### COMPETENCIAS:

#### ○ Competencias genéricas:

- 1.a.2. Ser capaz de identificar y organizar los datos pertinentes al problema
- 1.a.3. Ser capaz de evaluar el contexto particular del problema e incluirlo en el análisis
- 1.a.4. Ser capaz de delimitar el problema y formularlo de manera clara y precisa
- 1.b.1. Ser capaz de generar diversas alternativas de solución a un problema ya formulado
- 1.d.4. Ser capaz de usar lo que ya se conoce; identificar lo que es relevante conocer, y disponer de estrategias para adquirir los conocimientos necesarios
- 4.b.2. Ser capaz de interpretar los resultados que se obtengan de la aplicación de las diferentes técnicas y herramientas utilizadas.
- 6.b.1. Ser capaz de escuchar y aceptar la existencia y validez de distintos puntos de vista.
- 7.b.1. Ser capaz de expresarse de manera concisa, clara y precisa, tanto en forma oral como escrita
- 7.b.2. Ser capaz de identificar el tema central y los puntos claves del informe o presentación a realizar.
- 8.a.3. Ser capaz de comportarse con honestidad e integridad personal.
- 9.b.3. Ser capaz de evaluar el propio aprendizaje y encontrar los recursos necesarios para mejorarlo.

#### ○ Competencias específicas:

**Competencia en Termodinámica:** Consiste en la habilidad para utilizar y relacionar los principios de la termodinámica, las propiedades de las sustancias, las herramientas previas de física, química y matemática, para entender los fundamentos teóricos de la ingeniería termodinámica y poder resolver en forma sistemática los problemas prácticos que se plantean en la especialidad, interpretando desde la utilización de los conceptos más básicos hasta las posibles implicancias en las tecnologías aplicadas que se concatenan posteriormente con esta asignatura.



## **EJES TEMÁTICOS ESTRUCTURANTES DE LA ASIGNATURA Y ESPECIFICACIÓN DE CONTENIDOS:**

### ***CAPÍTULO 1: Conceptos Introductorios y Definiciones***

- 1.1 Objeto de estudio de la Termodinámica. Ingeniería Termodinámica.
- 1.2 Termodinámica Clásica. Punto de vista macroscópico y microscópico.
- 1.3 Sistemas termodinámicos. Sistemas cerrados y sistemas abiertos. Volumen de control.
- 1.4 Propiedad, estado, proceso y equilibrio.
- 1.5 Unidades básicas y derivadas. Conversión de unidades.
- 1.6 Volumen Específico y presión. Presión absoluta, manométrica y de vacío.
- 1.7 Temperatura. Ley Cero de la termodinámica. Escalas termométricas.
- 1.8 Metodología general para la resolución de problemas de ingeniería termodinámica.

### ***CAPÍTULO 2: La Energía y la Primera Ley de la Termodinámica***

- 2.1 Conceptos mecánicos de energía.
- 2.2 Energía transferida mediante trabajo. Trabajo de expansión-compresión. Otros tipos de trabajo.
- 2.3 Concepto de Calor. Modos de transferencia de calor.
- 2.4 Energía de un sistema. Primera Ley de la Termodinámica. Energía Interna.
- 2.5 Balance de energía para sistemas cerrados.
- 2.6 Calorimetría y primera ley de la termodinámica. Calorímetros.
- 2.7 Experiencia de Joule: Equivalente calórico del trabajo.
- 2.7 Análisis energético de ciclos. Rendimiento térmico.

### ***CAPÍTULO 3: Propiedades de una Sustancia Pura Simple y Compresible.***

- 3.1 Equilibrio termodinámico.
- 3.2 Proceso de cambio de fase. Isotermas de Andrews.
- 3.3 Superficie p-v-t (presión-volumen específico-temperatura).
- 3.4 Diagramas presión-volumen específico, presión-temperatura, y temperatura-volumen específico.
- 3.5 Tablas de propiedades termodinámicas de las sustancias.
- 3.6 Propiedades termodinámicas en los cambios de fase. Título o calidad del vapor.
- 3.7 Vapor sobrecalentado. Líquidos y sólidos.
- 3.8 Entalpía. Calores específicos a volumen constante y a presión constante.
- 3.9 Relación presión-volumen específico-temperatura para gases. Factor de compresibilidad.
- 3.10 Modelo de gas ideal. Energía interna, entalpía y calores específicos de gases ideales.
- 3.11 Procesos politrópicos de gases ideales.

### ***CAPÍTULO 4: Análisis Energético para Sistemas Abiertos***

- 4.1 Conservación de la masa en un volumen de control.
- 4.2 Conservación de la energía en un volumen de control. Trabajo de flujo.
- 4.3 Análisis de volúmenes de control en estado estacionario. Ejemplos de aplicación: Toberas y Difusores, Turbinas, Bombas y Compresores, Intercambiadores de calor, dispositivos de estrangulación. Calorímetro de estrangulación.
- 4.4 Análisis de volúmenes de control en estado transitorio.



### ***CAPÍTULO 5: La Segunda Ley de la Termodinámica***

- 5.1 Dirección de los procesos y oportunidad de desarrollar trabajo.
- 5.2 Enunciados de la segunda ley: Clausius y Kelvin-Plank. Equivalencia entre ellos.
- 5.3 Procesos reversibles e irreversibles.
- 5.4 Corolarios de la segunda ley para ciclos termodinámicos.
- 5.5 Escala Kelvin de temperaturas.
- 5.6 Performances máximas para ciclos de potencia, refrigerantes y bombas de calor operando entre dos reservorios térmicos.
- 5.7 El ciclo de Carnot.

### ***CAPÍTULO 6: Entropía***

- 6.1 La desigualdad de Clausius.
- 6.2 Definición de Entropía.
- 6.3 Entropía de las sustancias puras, simples y compresibles.
- 6.4 Diagrama temperatura-entropía y entalpía-entropía.
- 6.5 Cambio de entropía en procesos internamente reversibles.
- 6.6 Balance de entropía para sistemas cerrados. Principio de incremento de entropía.
- 6.7 Balance de entropía para sistemas abiertos.
- 6.8 Procesos isoentrópicos. Aplicación al modelo de gas ideal.
- 6.9 Eficiencia isoentrópica de turbinas, toberas, compresores y bombas.
- 6.10 Transferencia de calor y trabajo en procesos de flujo estacionario internamente reversibles.

### ***CAPÍTULO 7: Análisis de Disponibilidad***

- 7.1 Trabajo teórico máximo disponible. Disponibilidad (Exergía).
- 7.2 Balance de disponibilidad para sistemas cerrados.
- 7.3 Balance de flujo de disponibilidad para volúmenes de control.
- 7.4 Eficiencia exergética.
- 7.5 Diagramas exergéticos.

### ***CAPÍTULO 8: Ciclos de Vapor de Potencia***

- 8.1 Introducción.
- 8.2 Ciclo de Carnot usando vapor.
- 8.3 Ciclo de Rankine.
- 8.4 Sobrecalentamiento y Recalentamiento.
- 8.5 Irreversibilidades y pérdidas.

### ***CAPÍTULO 9: Ciclos de Gas de Potencia***

- 9.1 Motores de combustión interna alternativos.
- 9.2 Ciclo Otto de aire estándar.
- 9.3 Ciclo Diesel de aire estándar.
- 9.4 Turbina de gas. Ciclo Brayton de aire estándar.
- 9.5 Irreversibilidades y pérdidas.
- 9.6 Flujo compresible a través de toberas y difusores.

### ***CAPÍTULO 10: Sistemas de Refrigeración y Bombas de Calor***

- 10.1 Introducción.



- 10.2 Ciclos de refrigeración por compresión de vapor.
- 10.3 Propiedades de los refrigerantes.
- 10.4 Sistemas de bombas de calor.

### **CAPÍTULO 11: Relaciones Termodinámicas para Sustancias Simples Compresibles**

- 11.1 Ecuaciones de estado.
- 11.2 Funciones termodinámicas de dos variables independientes.
- 11.3 Relaciones a partir de diferenciales exactas. Relaciones de Maxwell.
- 11.4 Relaciones termodinámicas que incluyen la entropía, la energía interna y la entalpía.  
Ecuación de Clapeyron. Expresiones para  $\Delta s$ ,  $\Delta u$  y  $\Delta h$  en regiones de una sola fase.
- 11.5 Otras relaciones termodinámicas. Coeficiente de Joule-Thomson.
- 11.6 Construcción de tablas de propiedades termodinámicas.

### **CAPÍTULO 12: Mezclas de Gases No Reactivos y Psicrometría**

- 12.1 Consideraciones generales sobre mezclas de gases.
- 12.2 Modelos de Dalton y de Amagat: presiones parciales y volúmenes parciales.
- 12.3 Mezclas de gases ideales.
- 12.4 Principios de Psicrometría: Aire húmedo, humedad específica y relativa. Punto de rocío.
- 12.5 Fenómeno de evaporación.
- 12.6 Conservación de masa y conservación de energía aplicadas a sistemas psicrométricos.
- 12.7 Temperatura de saturación adiabática y temperatura de bulbo húmedo.
- 12.8 Carta Psicrométrica.
- 12.9 Aplicaciones.

### **FORMAS METODOLÓGICAS:**

Las clases estarán divididas en teóricas y prácticas. En las mismas se desarrollarán los principios fundamentales y se resolverán problemas de aplicación.

Desde la primera clase se trabajará fijando como punto inicial los objetivos, ya sean estos de la asignatura, del capítulo en estudio, o de cada tema en particular, a fin de que el alumno tenga en claro en todo momento qué está haciendo, por qué y para qué.

Con el objeto de lograr el interés de los alumnos, se trabajará ejemplificando continuamente sobre casos prácticos reales, mostrando la aplicación de las herramientas de la termodinámica para la resolución de los casos más sencillos de la vida diaria como así también complejos problemas ingenieriles. Dado el carácter de asignatura básica, no se profundizará en los aspectos tecnológicos más allá de conocimientos de carácter general de las máquinas y equipos, o lo que la propia curiosidad de los alumnos llegue a demandar.

Periódicamente se realizarán exposiciones integradoras, a fin de recalcar los principios básicos y analizar la interrelación entre los distintos temas de la asignatura. De la misma manera se analizará la proyección de Termodinámica hacia las asignaturas posteriores de la carrera.

En la resolución de problemas se promoverá la discusión de los mismos, desarrollando algunos de ellos en clase. Se fomentará la utilización de una metodología ordenada para la resolución de los mismos, con la realización de esquemas clarificadores, identificación de datos e incógnitas, realización de convenientes hipótesis simplificadoras y planteo de ecuaciones generales.



La introducción al manejo de software específico y programas de aplicación se realizará a partir de la décima semana de clases, utilizando los recursos informáticos de la Facultad, mediante la formación de comisiones, y trabajando sobre problemas concretos, similares a los desarrollados en los distintos temas vistos en clase.

**PROGRAMAS Y/O PROYECTOS PEDAGÓGICOS E INCLUSIVOS:**

No se prevén

**CRONOGRAMA TENTATIVO DE CLASES Y PARCIALES Y NÓMINA DE TRABAJOS PRÁCTICOS:**

Semana \ Capítulo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	***														
2	***	***													
3		***	***												
4			***	***	**										
5				*	***	***	*								
6						**	***	*							
7							**	***	*						
8								**	***	**					
9									*	***	**				
10										**	***	*			
11											**	***	*		
12												**	***	*	
13													*	***	
14														***	***
Exámenes Parciales								1ro							2do

**BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA Y DE CONSULTA ESPECIFICANDO EL EJE TEMÁTICO DE LA ASIGNATURA:**

Título	Autor/es	Editorial	Año de Edición	Ejemplares en Biblioteca UNRC / código de búsqueda
<i>Fundamentos de Termodinámica Técnica, 4ta edición</i>	M. J. Moran y H. N. Shapiro	Reverté	2004	Solicitar a los docentes de la asignatura
<i>Termodinámica - 6ª edición</i>	Cengel, Y. A. Boles, M. A.	McGraw Hill	2014	Solicitar a los docentes de la asignatura



<i>Thermodynamics</i>	Klein, Sanford y Nellis, Gregory	Cambridge University Press	2012	Solicitar a los docentes de la asignatura	
<i>Fundamentos de Termodinámica Clásica</i>	G. J. Van Wylen y R. E. Sonntag	Limusa	1976	4	536.7 V 285f
<i>Termodinámica, 3ra Edición</i>	J. A. Manrique Valadez	Oxford University Press	2001	1	536.7 M 288 V 156e3
<i>Calor y Principios de la Termodinámica 2da Edición</i>	F. I. Greco	Nueva Librería	1981	5	536.7 G 791e2
<i>Technical Thermodynamics for Engineers</i>	A. Schmidt	Springer	2019	Solicitar a los docentes de la asignatura	
<i>Termodinámica clásica</i>	L. D. Russell y G. A. Adebisi	Addison-Wesley	1997	1	536.7 R 963
<i>Termodinámica - 3a ed.</i>	J. A. Manrique Valadez	Oxford University Press	2001	1	536.7 M 288 V 156e3
<i>Calor y termodinámica</i>	Zemansky, Mark W.	Aguilar - Madrid	1979	1	536.2 Z 53e4

### HORARIO DE CLASES:

DÍA	HORARIO
Martes	18:00 a 21:00 hs
Jueves	14:00 a 16:00 hs

### HORARIO Y LUGAR DE CONSULTAS:

DÍA	HORARIO	MODALIDAD
Miércoles	9:00 a 12:00 hs	Videoconferencia/Whatsapp/Teléfono
Viernes	9:00 a 12:00 hs	Videoconferencia/Whatsapp/Teléfono

### REQUISITOS PARA OBTENER LA REGULARIDAD Y LA PROMOCIÓN:

Se realizarán dos evaluaciones parciales escritas divididas cada una en partes teórica y práctica, en las que el alumno podrá disponer de apuntes de clase y todo el material bibliográfico que esté a su alcance. Las partes teórica y práctica se calificarán por separado, de 0 a 10 puntos.

Para regularización de la asignatura será necesario alcanzar, tanto en la parte teórica como en la práctica, una calificación mínima de cinco puntos en las evaluaciones, computando todos los parciales.

Para acceder a la promoción total de la asignatura será necesario alcanzar, tanto en la parte teórica como en la práctica, un promedio de 7 puntos, computando todos los parciales, sin registrar instancias evaluativas de aprobaciones con notas inferiores a 5 puntos. Logrado esto, y a fin de definir la calificación final, el alumno deberá presentarse a un coloquio integrador, en el cual deberá exponer un



Universidad Nacional del Río Cuarto

Facultad de Ingeniería



"LAS MALVINAS  
SON ARGENTINAS"

tema (de un total de entre 20 a 25 preseleccionados). Esta exposición será sin interrupciones y luego se le harán preguntas básicas sobre la totalidad del programa para comprobar la integración de conocimientos del alumno. En el último parcial deberá obtener una nota de al menos 5 puntos tanto en la parte teórica como en la práctica para acceder a la regularización de la asignatura.

Se dará una instancia recuperatoria, donde se podrán recuperar las partes teóricas y prácticas de cualquiera de los parciales en que no se haya obtenido la calificación deseada. La nota de lo recuperado anula la del examen original.

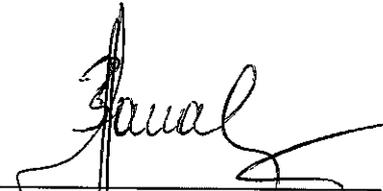
El examen convencional se tomará en función de los contenidos del programa 2022 disponible en el SIAL. Quien rinda en condición de Alumno/a Regular, luego de aprobada la parte práctica, se le asignarán 3 temas de la asignatura, de los cuales elegirá uno para desarrollar oralmente con la ayuda del pizarrón. De ser satisfactorio el desempeño en este primer tema, se le asignará alguno de los otros dos para que complete su examen oral. En caso de que el desempeño en estos dos primeros temas no sea satisfactorio, los docentes de la asignatura podrán optar por solicitar la exposición del tercer tema.

Quienes rindan en la condición de Alumno Libre lo harán en base al último programa usado en el dictado de la asignatura, debiendo rendir previamente al examen oral un examen práctico con una extensión de aproximadamente un 30 % más que el de los alumnos regulares, a fin de asegurar una cobertura amplia de conocimientos sobre la mayoría de los temas fundamentales.

**CARACTERÍSTICAS, MODALIDAD Y CRITERIOS DE LAS INSTANCIAS EVALUATIVAS, INCLUYENDO EXÁMEN FINAL, ESTABLECIENDO TIEMPOS DE CORRECCIÓN DE LAS MISMAS Y LA DEVOLUCIÓN A LOS ESTUDIANTES:**

EXÁMENES PARCIALES				
INSTANCIA EVALUATIVA	CARACTERÍSTICAS	MODALIDAD	TIEMPO DE CORRECCIÓN	TIEMPO DE DEVOLUCIÓN A LOS ESTUDIANTES
Parcial 1	Teórico/Práctico	Escrito	10 días	10 días
Parcial 2	Teórico/Práctico	Escrito	5 días	5 días
Recuperatorio 1	Teórico/Práctico	Escrito	3 días	3 días
Recuperatorio 2	Teórico/Práctico	Escrito	3 días	3 días

EXÁMENES FINALES	
CARACTERÍSTICAS	MODALIDAD
Resolución de problemas (Estudiantes libres y regulares)	Escrito
Conceptos y demostraciones teóricas (Estudiantes libres y regulares)	Oral

  
Firma Docente Responsable

  
Firma Secretario Académico