

**Planificación de la Asignatura:** Termodinámica - Bioingeniería

**Fecha:** 23/10/2024 13:02

**Código:** B0817

**Carrera:** Bioingeniería

**Departamento Académico:** Físico-Química

**Docente a cargo:**

**Correo del docente a cargo:** diego.campana@uner.edu.ar

**Régimen de Dictado:** Cuatrimestral doble oferta

**Carga Horaria Semanal:** 5 horas semanales

**Carga Horaria Total:** 70 horas

---

**Contenidos Mínimos:**

Primer y segundo Principios. Vapores. Ciclos térmicos, Aire húmedo. Termotransferencias. Máquinas Frigoríficas y producción de Vapor. Termodinámica de Fenómenos Naturales.

**Competencias Genéricas:**

CT1: Identificación, formulación y resolución de problemas de Bioingeniería. Nivel de Dominio 2

CT4: Utilización de técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería. Nivel de Dominio 2

CS1: Fundamentos para el desempeño en equipos de trabajo. Nivel de Dominio 1

CS2: Fundamentos para una comunicación efectiva. Nivel de Dominio 2

CS5: Fundamentos para el aprendizaje continuo y autónomo. Nivel de Dominio 2

**Competencias Específicas:**

CE1: Diseñar, calcular y proyectar instalaciones, equipamientos e instrumental de tecnología biomédica, procesamiento de señales biomédicas y sistemas derivados de biomateriales utilizados en el área de la salud. Nivel de Dominio 1

CE4: Dirigir las actividades técnicas de servicios de esterilización. Nivel de Dominio 1

**Argumentación de aportes marcados en la matriz de competencias:**

CT1: Durante el cursado de la asignatura se realiza un aporte balanceado y continuo a esta competencia, ya que se trabaja de manera sostenida en la identificación y construcción de modelos, formulación de hipótesis y simplificaciones, valoración de órdenes de magnitud e importancia relativa de fenómenos complejos y metodología de solución y verificación de soluciones. Se estimula y requiere que los informes y presentaciones sean adecuadamente fundamentadas. Las situaciones que se plantean siempre requieren un grado de definición de hipótesis y simplificaciones, que promueven la argumentación y el pensamiento crítico.

CT4: Se enseña el uso de algunos instrumentos de medición y técnicas para la configuración e identificación de fallas de algunos procesos y dispositivos. Durante el cursado se realizan actividades, trabajos integradores, experiencias demostrativas y de laboratorio y resolución de problemas y se desarrollan trabajos integradores sobre casos/problemas de la práctica profesional.

CS1: Durante todo el cursado se trabaja en forma grupal, incluso en la instancia de evaluación parcial. Esto aporta experiencias y genera capacidades para integrar equipos de trabajo, aunque no se comandan ni se coordina de manera específica, como tampoco se proponen dinámicas específicas para el trabajo en equipo (fomentar distribución de roles, etc.).

CS2: La preparación continua de informes con realimentación continua y las presentaciones orales pechakucha con evaluación grupal e individual mediante realimentación y rúbrica, contribuyen al desarrollo de competencias de comunicación.

CS5: La mayor parte de las unidades o bloques temáticos se abordan a partir de lecciones en el aula virtual, en las cuales se trabaja sobre contenido teórico-práctico, incluyendo guías de lectura y actividades, videos, preguntas orientadas a la búsqueda de información y el análisis de situaciones problemáticas. Gran parte de las elecciones sobre cuándo estudiar y cómo la definen los y las estudiantes, quienes cuentan con un cronograma que detalla los encuentros presenciales que se destinarán a cada tema, los cuales son de asistencia sugerida pero no obligatoria. Los y las estudiantes cuentan con rúbricas de evaluación

CE1.1: Se incorporan fundamentos para el diseño y cálculo de instalaciones de transferencia térmica y de acondicionamiento de aire, con particular énfasis en la evaluación de su eficiencia desde un punto de vista termodinámico. Los mismos fundamentos y herramientas son aplicables a determinados tipos de equipamiento biomédico

CE1.4: Se aprenden y aplican los fundamentos de transformaciones de fase en el contexto de aplicaciones de esterilización por vapor húmedo, revisando además cuestiones elementales de equipamiento e instalaciones.

---

**Correlativas Regulares para cursar:**

Ecuaciones Diferenciales

Física Mecánica

**Correlativas Aprobadas para cursar:**

Química General e Inorgánica

**Correlativas Aprobadas para promocionar o rendir el examen final:**

Física Mecánica

Química General e Inorgánica

**Insercion de la Asignatura en el plan de Estudios:**

Desde que el hombre descubrió el fuego y los combustibles, el aprovechamiento y aplicaciones de la energía térmica o calor se han vuelto parte esencial de nuestras vidas. Se puede considerar a la termodinámica desde un punto de vista fundamentalmente mecánico, usualmente conocida como "termodinámica técnica", como la disciplina que estudia el funcionamiento de máquinas y procesos que transforman la energía térmica y mecánica con propósitos diversos. Desde un punto de vista más fundamental, se puede considerar a la termodinámica como el estudio del flujo de energía y sus transformaciones asociadas en los sistemas (mecánicos, biológicos, químicos, etc). En cualquiera de los casos, está claro que un conocimiento básico de los postulados, leyes y enunciados de la termodinámica resulta crucial para la formación del ingeniero, ya que una de sus funciones es el diseño de procesos y dispositivos que, usando los recursos naturales de manera sustentable, contribuyan a una mejora en nuestra calidad de vida.

Para iniciar el cursado de la materia, se requiere que los y las estudiantes conozcan de asignaturas previas: (i) el concepto de trabajo mecánico, asociado con los principios de mecánica básica de cuerpos (leyes de Newton, condiciones de equilibrio, dinámica, etc.) y (ii) dominio básico de las herramientas matemáticas que permiten formular expresiones de equilibrio o balances de forma algebraica sobre volúmenes finitos generalizados (es decir, aplicados a volúmenes de control) como también punto a punto en medios continuos (es decir, mediante ecuaciones diferenciales). También se requieren conocimientos básicos de físico-química, como temperatura y calorimetría, estados, fases y transformaciones de sustancias puras. Dentro de la carrera de Bioingeniería, los y las estudiantes conocen y trabajan con los contenidos y habilidades antes mencionadas al cursar las asignaturas de 1er año "Física Mecánica", "Química General e Inorgánica", "Cálculo en una variable" y "Álgebra lineal y Geometría Analítica", y en 2do año "Cálculo Vectorial" y "Ecuaciones Diferenciales". De esta forma, la inserción de la materia en el 3er año de la carrera es coherente, ya que está planificada en una etapa en la cual los y las estudiantes han adquirido competencias, al nivel requerido, en los fundamentos y herramientas sobre los que se basa la disciplina. En una mirada horizontal, en 3er año también se cursa "Electrotecnia", asignatura en la cual se analizan y aplican los conceptos de eficiencia energética para máquinas eléctricas. "Fisiología y Biofísica" es otra asignatura donde se aplican los conocimientos de la termodinámica en el estudio del flujo de materia, energía y sus transformaciones y balances en los diversos sistemas orgánicos. Mirando hacia adelante en el plan de estudios, sin duda las asignaturas donde los conocimientos y competencias aprendidos en "Termodinámica" resultan indispensables son (i) "Mecánica de Fluidos", en particular cuando se estudian la conservación de energía y el balance de energía mecánica en sistemas continuos en sus formas diferenciales e integrales; (ii) "Ingeniería Hospitalaria", en el estudio de instalaciones de calefacción, refrigeración, de gases, vapor, etc. Otras asignaturas que se nutren de conocimientos y herramientas

desarrolladas en Termodinámica son “Comportamiento Físico de Biomateriales”, “Biomateriales y Compatibilidad” y “Procesos Industriales”, por citar algunas.

#### Competencias de egreso

En la asignatura se trabaja aportando sobre los siguientes Descriptores de Conocimiento, de acuerdo con la resolución ministerial de estándares correspondiente (Res. 1555/2021) :

##### Ciencias Básicas de la Ingeniería

- Calor (Alto)

##### Tecnologías Básicas

- Modelado, Simulación, Análisis, Diseño y Control de Sistemas (Nivel básico o inicial)

##### Tecnologías Aplicadas

- Conceptos de Esterilización (Nivel básico o inicial)

Se aprenden y aplican los fundamentos de transformaciones de fase en el contexto de aplicaciones de esterilización por vapor húmedo, revisando además cuestiones elementales de equipamiento e instalaciones.

- Ingeniería Clínica y Hospitalaria (Nivel básico o inicial)

Se aprenden y aplican los fundamentos de procesos de acondicionamiento de aire (temperatura y humedad), en el contexto del equipamiento biomédico incubadora neonatal

Se aprenden y aplican los fundamentos de compresores, trabajando con equipamiento real.

Se aprenden y aplican los fundamentos de máquinas frigoríficas y refrigeración por compresión de vapor, trabajando con equipamiento real e instalaciones generales.

Luego, las actividades planteadas en esta planificación están orientadas, principalmente, para hacer aportes al desarrollo de las siguientes competencias de egreso de los Bioingenieros/as o ejes transversales, tal como están enunciados en la Resolución Ministerial 1555/2021.

- Identificar, formular y resolver problemas de bioingeniería (nivel medio): Durante el cursado de la asignatura se realiza un aporte balanceado y continuo a esta competencia, ya que se trabaja de manera sostenida en la identificación y construcción de modelos, formulación de hipótesis y simplificaciones, valoración de órdenes de magnitud e importancia relativa de fenómenos complejos y metodología de solución y verificación de soluciones. Se estimula y requiere que los informes y presentaciones sean adecuadamente fundamentadas. Las situaciones que se plantean siempre requieren un grado de definición

de hipótesis y simplificaciones, que promueven la argumentación y el pensamiento crítico.

- Utilización de técnicas y herramientas de aplicación en la bioingeniería. (nivel intermedio): Se enseña el uso de algunos instrumentos de medición y técnicas para la configuración e identificación de fallas de algunos procesos y dispositivos. Durante el cursado se realizan actividades, trabajos integradores, experiencias demostrativas y de laboratorio y resolución de problemas y se desarrollan trabajos integradores sobre casos/problemas de la práctica profesional.

- Fundamentos para el desempeño en equipos de trabajo. (nivel bajo): Durante todo el cursado se trabaja en forma grupal, incluso en la instancia de evaluación parcial. Esto aporta experiencias y genera capacidades para integrar equipos de trabajo, aunque no se comandan ni se coordina de manera específica, como tampoco se proponen dinámicas específicas para el trabajo en equipo (fomentar distribución de roles, etc.).

- Fundamentos para una comunicación efectiva (nivel medio): La preparación continua de informes con realimentación continua y las presentaciones orales pechakucha con evaluación grupal e individual mediante realimentación y rúbrica, contribuyen al desarrollo de competencias de comunicación.

- Fundamentos para el aprendizaje continuo (nivel medio): La mayor parte de las unidades o bloques temáticos se abordan a partir de lecciones en el aula virtual, en las cuales se trabaja sobre contenido teórico-práctico, incluyendo guías de lectura y actividades, videos, preguntas orientadas a la búsqueda de información y el análisis de situaciones problemáticas. Gran parte de las elecciones sobre cuándo estudiar y cómo la definen los y las estudiantes, quienes cuentan con un cronograma que detalla los encuentros presenciales que se destinarán a cada tema, los cuales son de asistencia sugerida pero no obligatoria. Los y las estudiantes cuentan con rúbricas de evaluación.



**Objetivo General:**

Comprender los principios, leyes y postulados de la termodinámica, para entender los mecanismos que gobiernan el flujo de energía térmica y su transformación en trabajo (o viceversa) y aplicarlos en el estudio y análisis de sistemas y máquinas térmicas.

**Objetivos Particulares:**

A partir del objetivo general, se pueden desagregar los siguientes objetivos particulares:

- a) Interpretar que los conceptos de trabajo y energía estudiados desde el enfoque mecánico son ampliados bajo los postulados y leyes de la Termodinámica para así aplicarlos al estudio de procesos naturales y diseño de dispositivos
- c) Formular abstracciones y simplificaciones de sistemas reales presentes en la práctica de ingeniería y la naturaleza, para realizar una modelización adecuada de los mismos y así poder estudiarlos, diseñarlos y/o intervenirlos usando los principios de la Termodinámica.
- d) Analizar los mecanismos de transmisión del calor (conducción, convección y radiación) para ser capaces de identificar su relevancia en diferentes situaciones de la práctica.
- e) Calcular las propiedades, identificar estados y relacionar transformaciones de fase de fluidos fundamentales en la ingeniería con el funcionamiento de dispositivos para esterilización, máquinas térmicas y frigoríficas, para lograr habilidades de intervención básicas sobre los dispositivos reales.
- f) Interpretar el propósito de los elementos que componen las máquinas térmicas y frigoríficas más usuales y su efecto sobre los ciclos que ejecutan, para así identificar fallas y posibles mejoras en las aplicaciones.

**Programa Analítico:**

A partir de los contenidos mínimos establecidos en el plan de estudios, se ha diseñado un enfoque epistemológico que coincide con aquel que se utiliza en la mayoría de la bibliografía disponible y de referencia.

Como grandes bloques temáticos se pueden mencionar:

- Aproximación postulatoria
- Estados de equilibrio, propiedades y procesos
- Sustancias y transformaciones
- Energía en tránsito, calor y trabajo
- Primer principio y conservación de la energía
- Fundamentos de transferencia térmica
- Segundo principio, calidad de la energía y procesos posibles
- Máquinas térmicas y otros dispositivos
- Rendimiento de máquinas térmicas y procesos.

Con el propósito de presentar una propuesta pedagógica integrada para el desarrollo de contenidos, conceptos, competencias y habilidades, durante todo el cursado se llevan adelante una serie de trabajos integradores (TI) que se desarrollan durante varias semanas. En ellos se abordan los temas detallados previamente usando de manera combinada estrategias como clases expositivas, actividades grupales en el aula, solución de problemas, experiencias de laboratorio y demostrativas (EL) y actividades de identificación, formulación y solución de problemas reales de la práctica profesional, que promueven el cumplimiento de los objetivos planteados y el desarrollo de competencias en los niveles especificados.

A continuación se describen los trabajos integradores y experiencias de laboratorio.

- TI1 (EL1). En este trabajo integrador y experiencia de laboratorio se realizan mediciones y cálculos sobre un proceso de compresión de aire. Para ello se utiliza un compresor de aire doméstico de 25 litros de capacidad. Se miden variables como corriente eléctrica, presión, volumen y temperatura antes y después del proceso de llenado del cilindro de aire comprimido. De esta manera se definen sistemas cerrados y repasan conceptos y aplicación del modelo de gas ideal, unidades del SI y conversiones. Se aplica el primer principio para relacionar y calcular cambios en la energía interna, trabajo y calor intercambiados durante el proceso. Luego se plantea un modelo como sistema abierto en la cámara de compresión, realizándose cálculos del

trabajo de eje bajo la aproximación de una máquina ideal. También se estudian los conceptos básicos de transferencia térmica (todos los mecanismos). Finalmente, se realizan cálculos y balance de entropía y exergía en el proceso de compresión.

- TI2: Esterilización por vapor húmedo. En este trabajo integrador se estudian y aplican los conceptos de transformaciones de fase de sustancias puras (vapor de agua) en una aplicación biomédica como es la esterilización por vapor en autoclaves. También se aplica el balance de energía para realizar cálculos básicos sobre parámetros del proceso de esterilización (tiempo de producción de vapor, entre otros). Se pone énfasis en la modelización y simplificación del proceso real como procesos más simples que se identifican en el diagrama de fase del agua.
- EL2 y EL3: Experiencias de laboratorio con equipamiento desarrollado por el equipo de cátedra, para mostrar procesos de transformaciones de gases a volumen y presión constante. También se muestran procesos de mezcla de gases. Estos equipos permiten la visualización de procesos básicos, aportando capacidades de abstracción para poder modelizar mediante aproximaciones situaciones de mayor complejidad.
- TI3 (EL4). Trabajo integrador y experiencias de laboratorio donde se desarrolla la unidad temática de aire húmedo mediante una incubadora neonatal en operación, en la que se miden variables del habitáculo como temperatura y humedad en diversos puntos del mismo. El objetivo de esta experiencia es mostrar a los y las estudiantes un proceso de acondicionamiento de aire en un equipo biomédico real. Además, se analizan características de los sensores que se utilizan, la importancia de medir esas variables para controlar los procesos y los cuidados que se deben tener para asegurar la precisión y confiabilidad de las mediciones. También se aplican los conceptos de transferencia de energía y balance térmico en sistemas abiertos. El trabajo finaliza con una presentación en formato pechakucha de una parte del mismo.
- TI4 (EL5). Trabajo integrador y experiencias de laboratorio con el equipo EDUCTRADE S.A. Entrenador para bomba térmica Modelo EPT/82. Este equipamiento permite identificar y familiarizarse con los principales componentes de instalaciones frigoríficas por compresión de vapor. El equipo permite la medición de variables como temperatura y presión en los diferentes puntos típicos del ciclo, datos a partir de los cuales podrán trazar el ciclo real de la instalación en el diagrama del fluido refrigerante, utilizando un software desarrollado en la cátedra y una placa Arduino. Completado el desarrollo de las actividades, el trabajo y la experiencia, es posible analizar comparativamente ciclos reversibles, ideales y reales en dispositivos como refrigeradores, aire acondicionados y bombas térmicas, usando la entropía y su balance como herramienta para evaluar la eficiencia de ciclos y procesos. También se analizan fallas comunes en dispositivos reales y cómo se pueden identificar a partir de la medición de variables en el ciclo. El trabajo también finaliza con una presentación pechakucha ante el equipo docente.

A continuación se presenta un listado detallado de temas, con el objetivo de facilitar su presentación,

identificar su desarrollo de acuerdo al cronograma y presentar un esquema explícito en relación con la bibliografía de referencia y consulta.

Tema I Conceptos introductorios:

A-Termodinámica y su importancia en la ingeniería. Alcances y campo de aplicación. Definiciones básicas. Aproximación postulativa. Sistemas y medio ambiente. Volúmenes de control. Contornos y límites.

Caracterización y clasificación de sistemas.

B- Estado de un sistema y propiedades. Clasificación de propiedades, intensivas, extensivas y primitivas. Espacio de estado y variables de estado termodinámico. Estados de equilibrio. Postulados I y II. Procesos termodinámicos, interacciones y cambio de propiedades. Ciclos.

C- Ley cero de la termodinámica. Principios de termometría y escalas de temperatura. Cero absoluto y escala de Kelvin. Punto triple del agua.

D- Gases ideales. Presión y su medición.

Tema II Sustancias puras y transformaciones:

A- Gases ideales y reales. Leyes y ecuaciones de estado. Coeficiente de compresibilidad. Estados correspondientes. Transformaciones en sistemas gaseosos.

B- Sustancias Puras. Fases y cambios de fase. Regla de las fases. Diagramas termodinámicos y tablas de propiedades. Punto crítico.

C- Vapor de agua y su importancia en la ingeniería. Líquido comprimido, líquido saturado, vapor saturado, vapor húmedo y sobrecalentado. Título (fracción de vapor) y calor latente de vaporización. Transformaciones politrópicas y su representación.

Tema III Primer principio: trabajo y calor como interacciones termodinámicas.

A- Interacciones de trabajo. Definición termodinámica e interacción energética. Convención de signos y tipos de trabajo. Evaluación del trabajo para procesos cuasi-estáticos y no cuasi-estáticos.

B- Postulado III y primera ley de la termodinámica para sistemas cerrados. El calor como interacción termodinámica. Energía total de un sistema y sus clasificaciones. Calores específicos a volumen y presión constante. Entalpía. Experiencia de Joule-Thompson.

C. Conservación de masa y energía en volúmenes de control generalizados. Análisis de dispositivos ingenieriles en estado estacionario y flujo permanente. Balance de masa y energía en estado no estacionario.

Tema IV Mezcla de gases. Aire húmedo y sus procesos:

A- Mezclas de gases. Composición, Leyes de Dalton y Amagat. Propiedades de mezclas de gases.

B- Humedad absoluta y relativa. Entalpía de aire húmedo.

C- Temperatura de rocío, bulbo húmedo y bulbo seco. Temperatura de saturación adiabática. Medición de la humedad.

D- Diagramas para aire húmedo. Diagrama psicrométrico. Procesos de calentamiento, enfriamiento, mezcla, secado y humidificación.

Tema V Transferencia de energía térmica:

A- Mecanismos de transferencia de energía y flujo de calor. Analogía eléctrica.

B - Conducción. Ley de Fourier y conductividad térmica.

C- Convección. Ley de enfriamiento de Newton. Coeficiente de transferencia térmica pelicular. Números adimensionales.

D- Radiación. Ley de Steffan-Boltzman. Conceptos de cuerpo negro y cuerpo gris. Emisividad, reflectividad y absorción.

E- Balance térmico en sistemas.

F- Intercambiadores de calor. Tipos. Métodos de cálculo. Coeficiente de transferencia total de calor.

Tema VI Segundo principio y máquinas térmicas:

A- Máquinas térmicas y reservorios de energía. Reversibilidad, irreversibilidad y evolución de los procesos naturales. Enunciados de Carnot, Clausius y Kelvin-Planck. Eficiencia. Jerarquía de temperaturas y escalas de temperaturas termodinámicas. Definición de entropía y su evaluación.

B- Segundo principio de la termodinámica para sistemas cerrados. Principio del incremento de entropía. Procesos adiabáticos, reversibles e isentrópicos. Balance de entropía en sistemas cerrados y en sistemas abiertos. Eficiencia de máquinas térmicas.

C- Exergía y rendimiento exergético. Balance de exergía

D- Energía libre de Gibbs, Helmholtz y potencial químico. Energía libre y su relación con procesos de dinámica interfacial. Tensión interfacial, trabajo de creación de áreas y minimización de interfases y superficies libres. Fenómenos capilares y dinámica interfacial; su importancia para la vida.

Tema VII Ciclos frigoríficos por compresión de vapor:

A- Máquina frigorífica y bomba de calor. Teorema de Carnot para máquinas frigoríficas. Fluidos y gases de importancia en refrigeración.

B- Ciclos frigoríficos. Esquemas de instalación. Ciclos mejorados. Ciclos con etapas de enfriamiento. Ciclos en cascada. Ciclos por absorción. Coeficiente de desempeño y eficiencia exergética de los ciclos frigoríficos.

En el archivo que incluye la matriz de aporte a competencias, se ha incluido una pestaña en la cual se esquematiza la relación entre los contenidos y temas detallados previamente con los trabajos integradores y experiencias de laboratorio. Además del aprendizaje de los contenidos, estas actividades son las que buscan aportar de manera significativa al desarrollo de las competencias mencionadas previamente.

**Metodología Didáctica:**

La presente planificación toma como base las experiencias del equipo docente y busca aplicar una estrategia de Investigación-Acción-Participativa, donde el equipo de cátedra constituye un grupo de investigación sobre su propia actividad docente, se propone y compromete a reflexionar continuamente sobre la propia práctica de enseñanza-aprendizaje y a elaborar e implementar las mejoras apropiadas.

En concreto, los ejes de trabajo propuestos para esta planificación se pueden resumir en dos grandes grupos:

- (i) Implementación de situaciones didácticas donde se fomente la participación activa de los y las estudiantes en el proceso de aprendizaje, hasta llegar a transformarse en protagonistas del mismo. De la experiencia surge que este es un proceso gradual y que avanza en la medida que los y las estudiantes se van convenciendo que ellos/as son el centro del proceso y no meros espectadores pasivos.
- (ii) Elaboración, implementación y reflexión sobre estrategias de evaluación que contribuyan al proceso de aprendizaje. A través de esto se busca reforzar el sentido formativo de las instancias de evaluación, para que ellas no se reduzcan simplemente a una instancia de acreditación del conocimiento. Esto implica, entre otros aspectos, que los y las estudiantes deben conocer perfectamente y estar de acuerdo sobre cuáles son los objetivos del curso, cuáles son los conocimientos y competencias que se espera incorporen y de qué forma se les evaluará. Luego, se fomenta que reflexionen y hagan una autoevaluación continua sobre su propio proceso de aprendizaje, la cual deberá ser consistente con la evaluación implementada por los y las docentes.

Existen numerosas estrategias y acciones que se implementarán en concordancia con lo expuesto, sólo por citar algunas:

- a- Desde el comienzo del cursado se presentan las competencias a las que el curso busca contribuir, como también los objetivos específicos relacionados con la disciplina. También se busca que los y las estudiantes expresen cuáles son sus expectativas.
- b- Al comienzo del cursado se pone a disposición una rúbrica, en la cual quedan establecidos los criterios de evaluación y la escala de valoración. De esta forma, docentes pueden comunicar claramente el resultado de la evaluación y estudiantes autoevaluar su desempeño.
- c- Durante las clases, se fomentará una participación activa de los y las estudiantes, presentando situaciones problemáticas ideales o reales a resolver. Se buscará constantemente una reflexión crítica sobre los procesos de abordaje y solución de problemas, siendo esto parte esencial de las competencias y habilidades que se espera de los y las ingenieros/as.

d- Se presentarán algunas situaciones donde ellos/as mismos/as deberán desarrollar un proceso de autoaprendizaje para resolver los problemas. En estas instancias, los y las estudiantes deberán identificar el problema, las herramientas con las que cuentan y aquellas que deberán incorporar, buscar, comprender y aplicar, para finalmente comunicar la experiencia a sus pares, fundamentando todo el proceso.

De acuerdo a lo ya expresado en la fundamentación y secuenciación de contenidos, se adoptará un esquema combinado, en el cual se irán presentando los contenidos teóricos y prácticos de una manera integrada, para minimizar la disociación que suele presentarse entre ellos. De esta forma, se plantean encuentros presenciales no obligatorios en los que:

- se resuelven problemas básicos para ejemplificar los conceptos,
- se alternan entre etapas expositivas de los y las docentes y otras donde se promueven debates y discusiones, donde el rol protagónico es de los y las estudiantes.
- se desarrollan los conceptos y leyes de cada tema con especial énfasis en su interpretación en los procesos naturales, ingenieriles y biomédicos.
- se pone cuidado en la elaboración y formulación matemática a través de esquemas de los sistemas analizados, estimulando la imaginación y el esfuerzo mental que les permita vincular los modelos matemáticos con la experiencia cotidiana.
- se enfoca el esfuerzo en que el alumno ejercite la interpretación de enunciados, la fundamentación de hipótesis simplificadoras y la formulación matemática de planteos consistentes, que lleven a la solución de los problemas a través de un subsiguiente trabajo algebraico, uso de tablas, diagramas y nuevas tecnologías (como aplicativos de teléfonos móviles para la extracción de datos). Cuando no sea posible llegar a la solución analítica final, se mostrarán soluciones numéricas de los mismos y/o se presentarán guías de trabajo metodológicas para que los alumnos puedan implementar dichos procedimientos.
- se utilizan frecuentemente la técnica de clase invertida, soportada por el campus virtual, poniendo a disposición videos y material que los y las estudiantes deberán examinar antes de la misma, mientras que en las instancias presenciales se desarrollan actividades que complementan y refuerzan conceptos y competencias en juego.

La organización de actividades semanal propuesta es la siguiente:

- Encuentros presenciales áulicos: Se propone un encuentro presencial de 4 horas en el cual se trabaja de manera integrada teoría, práctica y coloquio, y otro encuentro presencial de 1 hora, en el cual se promueve el trabajo en grupo sobre las consignas de los trabajos integradores; el objetivo de esta instancia es que los y las estudiantes trabajen sobre la consignas con la disposición de los docentes para atender

consultas y dudas.

- Actividades planificadas vía el campus virtual entre los encuentros presenciales: Aquí se ponen a disposición videos, material de lectura, cuestionarios y otras actividades, que permiten luego un trabajo áulico más significativo sobre resolución de problemas y situaciones prácticas de la vida profesional, mediadas y guiadas por el equipo docente.

Con esta metodología se busca maximizar y optimizar el tiempo de estudio de la asignatura, aprovechando de manera más significativa las horas presenciales áulicas y reducir la carga de estudio extra-áulica.

Actividades experimentales:

En el apartado de "Formación Práctica" se puede consultar el detalle completo de las actividades experimentales, llamadas aquí experiencias de laboratorio (EL). De todas ellas, EL1, EL4 y EL5 son de asistencia obligatoria.

Clases de consulta:

Estas son clases opcionales y se ofrecen con frecuencia semanal (al menos dos horas semanales). En ellas, los y las estudiantes pueden concurrir con dudas, inquietudes o propuestas, para debatir con los docentes sobre problemas, contenidos teóricos, etc. Dependiendo de la concurrencia a cada instancia, el encuentro puede ser personalizado.

Aula Virtual en el Campus de la FI:

Este es el espacio de encuentro continuo entre docentes y estudiantes. Se caracteriza por:

- Presentar a los alumnos el programa de cátedra, el cronograma de actividades, la bibliografía recomendada, diversos materiales educativos diseñados o seleccionados por los docentes, las condiciones de regularidad y promoción, los criterios e instrumentos de evaluación (rúbrica).
- Incluir un espacio para comunicar novedades y consignas semanales.
- Incluir un espacio de consulta y discusión a través del cual, durante la semana laboral, los docentes responderán las consultas realizadas por los alumnos en un plazo máximo de 24 hs. Asimismo, se fomentará que el resto de los estudiantes intervengan en la resolución de las dudas.
- Cada unidad temática está organizada en forma de clase, con una introducción (generalmente en forma de video), el material audiovisual utilizado en las clases presenciales, actividades obligatorias (presentación de TP), actividades opcionales (cuestionarios de seguimiento, guías de problemas) y material complementario en distintos formatos (audiovisual, hipertextual, gráficos, entre los que se incluyen grabaciones de clases de

cuatrimestres previos).

- Permitir hacer un seguimiento individual y grupal de los alumnos a través del “libro de calificaciones”. Esta información se utiliza para reforzar los conceptos en donde se han detectado dificultades, realizando una evaluación continua y formativa.
- Ofrecer a los alumnos (que respondieron los cuestionarios de seguimiento) retroalimentación inmediata y específica en función de la respuesta seleccionada.
- Permitir la carga, en el libro de calificaciones, de las notas obtenidas en evaluaciones parciales. En consecuencia, sólo los docentes y el propio alumno conocen su situación académica.
- Mantener una línea gráfica consistente con la imagen institucional.

**Formación Práctica:**

La formación práctica es parte central de esta propuesta, ya que se busca que los conocimientos sean principalmente incorporados durante el proceso de solución de problemas y en la realización de los trabajos integradores, varios de los cuales incluyen experiencias de laboratorio. La completa articulación de los conocimientos teóricos con el saber práctico y aplicado, es otra de las acciones que incrementa el valor que se le da a la formación práctica en esta planificación.

**Listado de Actividades de Formación Práctica:**

A continuación se presenta el listado de temas y qué aporte de actividades prácticas se realiza para cada uno. Las referencias indican: GP para guías de resolución de problemas, TI para los trabajos o problemas integradores y EL para experiencias de laboratorio. Más abajo se encuentra un breve detalle descriptivo de cada propuesta.

1- Conceptos introductorios, calorimetría y termometría (GP1): Aquí se repasan los conceptos de volumen, densidad, presión y temperatura, junto a sus unidades en SI y otros. Se profundiza en el concepto de temperatura, escalas, equilibrio térmico y en la ley cero. Se introduce a la termometría y la calibración de equipos.

2- Transformaciones de sustancias puras (GP2, TI2). Uso del diagrama de fases y tablas para el cálculo de propiedades y ecuaciones de estado.

3- Primer principio para sistemas cerrados (GP3, TI1). Se resuelven problemas para trabajar con el concepto de conservación de energía, definición termodinámica de trabajo y el calor. Se analizan procesos estacionarios y cuasi-estacionarios. Se definen calores específicos y su significado. Se realiza una experiencia de laboratorio mostrando procesos a volumen y presión constante y un trabajo integrador de varias semanas con un compresor de aire.

4- Primer principio para sistemas abiertos (GP4, TI1, TI2, TI3, TI4). Se deriva la expresión del balance macroscópico de masa y su forma para fluidos incompresibles. Se define entalpía y se muestra su utilidad en la práctica. Se trabaja con el principio de conservación de energía para sistemas abiertos y se muestra su aplicación en el análisis de diversos procesos y dispositivos en la ingeniería (válvulas, ductos, toberas, difusores, cámaras de mezcla, etc.).

5- Aire húmedo y sus procesos (GP5, TI3). Conceptos de humedad absoluta, relativa y temperatura de saturación adiabática. Diagrama psicrométrico y aplicaciones para climatización

6- Mecanismos de transferencia de energía térmica (GP6, TI1, TI3). Se resuelven problemas sencillos de conducción de calor (elementos y materiales compuestos con múltiples conductividades), de convección

(análisis de intercambiadores de calor y disipadores) y de radiación (análisis emisividad y reflectividad, factores de vista, etc) y sus aplicaciones a elementos calentadores por radiación. Se aplican conceptos de balance térmico.

7- Segundo principio, entropía y máquinas térmicas (GP7, TI4). Ejercicios y problemas para mostrar el conjunto conceptual que subyace en el segundo principio, la definición de entropía y su aplicación en la resolución de problemas conceptuales de máquinas térmicas y procesos naturales.

8- Ciclos frigoríficos (GP8, TI4). Ejercicios, problemas y experiencia de laboratorio para mostrar los fundamentos y aplicaciones de los ciclos de compresión de vapor en sistemas de refrigeración.

Descripción de los trabajos integradores y actividades de laboratorio:

Estos trabajos ya fueron presentados y descriptos en el programa analítico, puesto que se consideran el núcleo central de organización del proyecto de espacio curricular que es esta planificación. El desarrollo de estos trabajos permite estudiar los temas y contenidos en el contexto de aplicaciones, abordando de manera sistemática y con grado creciente de complejidad problemas reales de la práctica. Se llevan a cabo por etapas y durante varias semanas, en forma grupal. En aquellos casos en los cuales los trabajos integradores incluyen experiencias de laboratorio, estas se indican entre paréntesis. Ver detalle de los mismos en la sección Programa Analítico de esta planificación.

- TI1 (EL1). En este trabajo integrador y experiencia de laboratorio se realizan mediciones y cálculos sobre un proceso de compresión de aire.
- TI2: Esterilización por vapor húmedo. En este trabajo integrador se estudian y aplican los conceptos de transformaciones de fase de sustancias puras (vapor de agua) en una aplicación biomédica como es la esterilización por vapor en autoclaves.
- EL2 y EL3: Experiencias de laboratorio con equipamiento desarrollado por el equipo de cátedra, para mostrar procesos de transformaciones de gases a volumen y presión constante.
- TI3 (EL4). Trabajo integrador y experiencias de laboratorio donde se desarrolla la unidad temática de aire húmedo mediante una incubadora neonatal en operación
- TI4 (EL5). Trabajo integrador y experiencias de laboratorio con el equipo EDUCTRADE S.A. Entrenador para bomba térmica Modelo EPT/82.

El objetivo de los trabajos es presentar a los y las estudiantes problemas de aplicación con consignas generales del tipo, "Diseñe un proceso o modelo para...", "Plantee y resuelva un modelo para el funcionamiento del dispositivo....", etc. El objetivo es que los y las estudiantes sean capaces de dar dimensión al problema y establecer los límites para el mismo, buscando información por su cuenta y consultando con el equipo docente, que lo guiará mediante nuevas preguntas y consignas en la elaboración

de la solución.

Distribución de horas por tipo de actividades:

Resolución de Problemas: 20 horas

Trabajos Prácticos de Laboratorio: 8 horas

Resolución de Ejercicios: 10 horas

Actividades de proyecto y diseño:

Otras Actividades: 2 horas

Preparación de exposiciones para presentación de resultados

Total de Horas: 40 horas

**Intensidad de la formación práctica**

Detalle de la carga horaria total prevista para cada una de las siguientes actividades:

Actividades prácticas que aportan a las competencias específicas en el Nivel de dominio 1: 40 horas

Actividades prácticas que aportan a las competencias específicas en el Nivel de dominio 2: 0 horas

Actividades prácticas que aportan a las competencias específicas en el Nivel de dominio 3: 0 horas

Horas totales de actividades de formación práctica: 40 horas

**Metodología de Evaluación Durante el cursado:**

- **Examen parcial (EP):** Se realizará un (1) examen teórico-práctico, en el cual se resuelven problemas y se responden preguntas conceptuales asociadas. El examen se resuelve en forma grupal y podrá ser recuperado al final del cursado y su aprobación es obligatoria solo para aquellos alumnos que opten por la promoción directa de la asignatura. El parcial se aprueba con al menos 60/100 puntos y se evalúan los temas 1, 2, 3, 5 y 6 del programa. El parcial consiste en el planteo de un problema integrador y el grupo dispone de 48 hs como máximo para su entrega. El desarrollo del mismo se realiza utilizando como herramienta documentos colaborativos, de manera que los docentes pueden realizar un seguimiento continuo de la solución y los estudiantes plantear sus consultas a través del mismo sistema. Una vez entregado el examen, existe una instancia de evaluación oral en la cual se pregunta en forma individual a cada integrante del grupo sobre diferentes aspectos del problema resuelto. Por lo tanto, la nota final individual tiene una componente grupal y la propia individual, basada en el desempeño del alumno durante la evaluación oral.
- **Evaluación grupal sobre trabajos integradores (TI) y experiencias de laboratorio (EL):** Durante el cursado, el alumno deberá trabajar colaborativamente y en forma grupal sobre una serie de actividades y problemas basados en aplicaciones. Los trabajos integradores y experiencias de laboratorio se desarrollan por etapas y serán evaluados en cada una de ellas de diferentes maneras. En algunas etapas se deberá presentar solamente un informe escrito, en otras se agregará al informe una instancia de coloquio/defensa, en la cual los alumnos deberán comunicar en forma oral la solución propuesta. En esta instancia se promueven y evalúan no solo los conocimientos y metodología aplicada, sino también las habilidades de comunicación, exposición y capacidades de trabajo en grupo e integración. Estos trabajos son evaluados siempre en forma grupal y deben ser aprobados en su totalidad para alcanzar la regularidad o promoción directa. En caso de desaprobación una de estas actividades, el grupo dispondrá de una instancia de recuperación al final del cursado, en la cual el equipo de cátedra evaluará en forma oral al grupo sobre aquellos aspectos que no fueron satisfactoriamente alcanzados. El tema 4 del programa se evalúa con el TI2, mientras que el tema 7 se evalúa con la EL3, ambos se aprueban con 60/100 y son promediados junto con la nota del parcial para obtener la calificación final en caso de promoción directa.
- **Evaluación continua durante las clases teóricas, coloquios y resolución de problemas:** Durante estas clases, se estimula continuamente a que los alumnos participen en forma activa de la clase. El docente toma nota del desempeño y evolución del alumno durante el cursado. Este registro es fundamentalmente cualitativo y sirve a los fines de realizar un seguimiento y tomar acciones particulares cuando se requiera.

Condiciones de promoción total de la asignatura

El alumno que alcanza esta condición aprueba la asignatura y queda eximido de rendir el examen final. Para ello, se debe cumplir necesariamente con:

- Aprobación de todas las actividades grupales planteadas o sus recuperatorios.
- Nota individual mínima de 60 puntos sobre 100 en el examen parcial teórico-práctico o su recuperatorio.

La nota final se obtiene como un promedio ponderado entre las mejores notas alcanzadas en el examen parcial, el TI2 y el EL3, o sus recuperatorios.

### **Metodología de Evaluación en Exámenes Finales:**

#### **MODALIDAD PRESENCIAL**

Se implementará la resolución de un examen teórico práctico escrito con posterior defensa oral. El mismo consiste usualmente de dos problemas en los que se busca abarcar la mayor parte de los contenidos de la asignatura. Los alumnos disponen de 3 horas reloj para entregar el examen resuelto en papel, pudiendo hacer uso de libros, tablas de fórmulas y recursos de internet para su solución. Luego de la corrección por los docentes, se requiere de una instancia de defensa oral en la cual se pide al alumno que explique la solución y se le pregunta por los aspectos conceptuales implicados en la solución elaborada. El examen se aprueba con un mínimo de 60%.

En el caso de alumnos que quieran rendir en modalidad libre, deberán ponerse en contacto previamente al examen con la cátedra para coordinar la instancia de evaluación de las actividades de laboratorio, las cuales deberán ser rendidas y aprobadas antes de la mesa de examen.

En esta instancia el equipo docente realizará una evaluación práctica y conceptual sobre los trabajos de laboratorio de la asignatura. Todo el material para esta evaluación está disponible en el campus y podrá ser consultado en las instancias establecidas para ello previo a los exámenes.

Pasada esta instancia, el alumno rendirá bajo las mismas condiciones que el estudiante regular en cualquiera de los exámenes a los que se presente a partir de entonces y durante un (1) año.



**Condiciones de Regularidad :**

Para alcanzar la condición de regularidad en la asignatura, el alumno deberá cumplir con:

- Aprobación de todas las actividades grupales planteadas.

**Cronograma de parciales durante el primer Cuatrimestre:**

**Primer Examen Parcial:** 17 de Mayo de 2024

**Segundo Examen Parcial:** 20 de Mayo de 2024

**Tercer Examen Parcial:** 31 de Mayo de 2024

**Recuperatorio 01:** 14 de Junio de 2024

**Recuperatorio 02:** 24 de Junio de 2024

**Recuperatorio 03:** 14 de Junio de 2024

---

**Cronograma de parciales durante el segundo Cuatrimestre:**

**Primer Examen Parcial:** 18 de Octubre de 2024

**Segundo Examen Parcial:** 21 de Octubre de 2024

**Tercer Examen Parcial:** 01 de Noviembre de 2024

**Recuperatorio 01:** 08 de Noviembre de 2024

**Recuperatorio 02:** 11 de Noviembre de 2024

**Recuperatorio 03:** 08 de Noviembre de 2024

**Bibliografía Principal:**

Termodinámica básica/técnica/aplicada

- 1) Çengel, Y. A., Boles, M. A. Termodinámica, McGraw-Hill/Interamericana, 8va. Ed, México D.F. 2015. Ubicación: Biblioteca FIUNER.
- 2) Moran, M. J., Shapiro, H. N. Fundamentos de termodinámica técnica. Reverté. 2da Ed., Barcelona. 2004. Ubicación: Biblioteca FIUNER.
- 3) Abbott, M. M., Van Ness, H. C., Casas, J. V. Teoría y problemas de termodinámica. McGraw-Hill. México, 1975. Ubicación: Biblioteca FIUNER.
- 4) Faires, V. M., Simmang, C. M. Termodinámica. Grupo Noriega. 1ra Ed., México, 1993. Ubicación: Biblioteca FIUNER.
- 5) Granet, I., Cacheux Pulido, L. Termodinámica. Prentice-Hall Hispanoamericana. 1ra Ed., México, 1988. Ubicación: Biblioteca FIUNER.
- 6) García, C. A., Termodinámica técnica, Librería y editorial Alsina, 4ra Ed., Buenos Aires, 1987. Ubicación: Biblioteca FIUNER.
- 7) Plint, M. A., Böswirth, L. Mechanical engineering thermodynamics: a laboratory course. Charles Griffin, Londres, 1986. Ubicación: Biblioteca FIUNER.
- 8) Tester, J. W., Modell, M. Thermodynamics and Its Applications. Prentice-Hall international series in the physical and chemical engineering sciences. 3ra Ed., 1997. Ubicación: Cátedra de Termodinámica FIUNER.

Transferencia de calor

- 9) Whitaker. S. Fundamental Principles of Heat Transfer. Pergamon Press Inc., USA, 1977. Ubicación: Cátedra de Termodinámica FIUNER.
- 10) Whitaker. S. Elementary Heat Transfer. Pergamon Press Inc., USA, 1975. Ubicación: Cátedra de Termodinámica FIUNER.
- 11) Ösisik, M. N., Basic heat transfer. Robert Krieger, 1st Ed., USA, 1987. Ubicación: Biblioteca FIUNER.
- 12) Çengel, Y. A., Ghajar, A. J., Dávalos Gutiérrez, R., Transferencia de calor y masa: fundamentos y aplicaciones. McGraw-Hill/Interamericana, 4ª Ed., México D.F., 2011. Ubicación: Biblioteca FIUNER.

Termodinámica aplicada a fenómenos naturales y biológicos

- 13) Eisenberg, D., Crothers, D. Physical chemistry: with applications to the life sciences. The Benjamin/Cummings Publishing Company, USA, 1979. Ubicación: Biblioteca FIUNER.

- 14) Haynie, D. T., Biological thermodynamics. Cambridge University Press, 1st Ed., Reino Unido, 2001. Ubicación: Biblioteca FIUNER.
- 15) Atkins, P., De Paula, J. Physical Chemistry, Oxford Univ. Press., 8va Ed., Reino Unido, 2006. Cátedra de Termodinámica FIUNER.
- 16) Atkins, P., De Paula, J. Physical Chemistry for life sciences, W. H. Freeman and Company., 2nd Ed., USA, 2011. Cátedra de Termodinámica FIUNER.
- 17) de Gennes, P.-G., Brochard-Wyart, F., Quéré, D. Capillarity and Wetting Phenomena: Drops, Bubbles, Pearls, Waves. Springer, 2003. Cátedra de Termodinámica FIUNER.
- 18) Probstein, R. F. Physicochemical Hydrodynamics. An Introduction. John Wiley & Sons, Inc. 2nd Ed. 1994. Ubicación: Cátedra de Termodinámica FIUNER.

**Bibliografía Complementaria:**

- 19) Manual de usuario de entrenador bomba de calor Modelo EPT/82. Eductrade S. A. Buenos Aires Argentina. Ubicación: Cátedra de Termodinámica.
- 20) Manuales de usuario de los equipos de calibración. Ubicación: LEyCEM - FIUNER.
- 21) Normas IRAM e ISO sobre procesos de calibración y determinación de desempeño. Ubicación: Biblioteca FIUNER.

**Equipo de Cátedra:**

Equipo de cátedra:

Profesor Titular: Dr. Diego M. Campana

Profesor Adjunto: Mg. Ing. Alejandro Gorosito

Profesora Jefe de Trabajos Prácticos: Bioing. Brenda Weiss

Profesor Ayudante: Sr. Mariano Ramonell

Ayudante Estudiante a la Docencia: Sr. Eugenio Balbi

Este equipo docente dicta Termodinámica de Bioingeniería en los dos cuatrimestres.

La cátedra fomenta un esquema colaborativo y participativo en el cual se logra que todo el equipo de cátedra participe en todas las actividades (instancias de teoría-coloquio-práctica de resolución de problemas, laboratorio y consultas).

- Tiempo asignado a encuentros áulicos presenciales: cinco (5) horas reloj semanales. Se promueve que el tiempo de trabajo en las clases sea significativo y compute como tiempo efectivo de aprendizaje y estudio, para así minimizar el tiempo que los y las estudiantes deben luego dedicar a la materia adicionalmente a las horas establecidas por plan de estudio.
- Clases de consulta: Se asigna un mínimo de dos (2) horas reloj semanales, distribuidas en la semana, de forma tal de facilitar la asistencia de los estudiantes.

**Actividades de Investigación Gestión y Extensión:**

Actualmente, el Prof. Titular se desempeña como Decano de la FIUNER hasta Abril de 2026. También es Investigador Adjunto del CONICET, con lugar de trabajo en el Instituto de Investigación y Desarrollo en Bioingeniería y Bioinformática (IBB - FI-UNER). No obstante, se dedica un tiempo reducido a tareas de I+D a través de la participación en proyectos que incluyen la dirección y formación de RRHH y asistencia en producción y publicación de resultados científicos y tecnológicos, Este cargo está licenciado por la función de Decano, pero se continua con la dirección de dos Tesis doctorales financiadas con becas CONICET.

Los docentes Diego M. Campana y Brenda Weiss son integrantes de varios proyectos de investigación, PID UNER, PIC-CONICET y PICT, que se detallan en la memoria de cátedra y de núcleos de I+D+i

La Prof. JTP Dra. Bioing. Brenda Weiss también se encuentra realizando la Especialización en Producción de Contenidos y Ambientes Digitales Educativos (FCEdu-UNER), habiendo al momento aprobado todos los cursos y seminarios de la carrera.

El Prof. Adj. Mg. Ing. Alejandro Gorosito forma parte del Comité Académico de la Maestría en Enseñanza de la Ingeniería y se encuentra realizando la Especialización en Gestión de Información Científica y Tecnológica (FCH-UNLP).

Los profesores Gorosito y Weiss son también integrantes del GIDEI.

---

**Requisitos de admisión para alumnos oyentes:**

La cátedra aceptará alumnos en la condición de Alumnos Oyentes, de acuerdo a las disposiciones del apartado XIV (Artículos 68 a 75) del Reglamento Académico de la FI-UNER. Además de cumplir con las condiciones que establece el citado reglamento y, de acuerdo a lo establecido en particular el artículo 68, la cátedra establece los siguientes requisitos para ser admitido:

Acreditar conocimientos equivalentes a los desarrollados en siguientes asignaturas del Plan de Estudios 2008 de la Carrera de Bioingeniería: “Cálculo en una Variable”, “Álgebra Lineal y Geometría Analítica”, “Cálculo Vectorial”, “Ecuaciones Diferenciales”, “Física Mecánica” y “Termodinámica”

**Infraestructura, equipamiento y recursos necesarios:****1- Aulas y materiales para clases:**

Para las clases teóricas y prácticas se requiere un aula con disponibilidad para una cantidad de alumnos que puede oscilar entre 30 y 70 dependiendo del cuatrimestre. Además, se requiere una computadora portátil y un cañón de proyección para las clases de teoría. Se trabaja en pizarrón, por lo cual se requieren fibras para pizarras de colores varios. Todo este material se encuentra disponible en el pañol de la FIUNER con la debida reserva.

**2- Laboratorios**

Actualmente, toda la infraestructura y equipamiento necesario para llevar adelante las experiencias de laboratorio y trabajos integradores está disponible y en la FIUNER y no se requiere de equipamiento adicional. Sólo se requiere de presupuesto para la compra de insumos de impresión y materiales de librería. Una de las experiencias requerirá el uso del equipo Entrenador de Máquinas Frigoríficas, que se utiliza para experiencias en el campo de las máquinas e instalaciones frigoríficas y del calor. Este equipo se encuentra en el laboratorio de Física y por ende se requerirá el uso de este espacio una vez por cuatrimestre.

**3- Espacio para trabajo del equipo de cátedra y para consultas**

Para las reuniones periódicas de cátedra para coordinación y generación de actividades, se requiere de un espacio con mesa y sillas. Actualmente la cátedra comparte un espacio con el Grupo Biomecánica Computacional y la cátedra Mecánica de Fluidos y lo utiliza como espacio de trabajo y consulta con estudiantes, cuando las condiciones no perturban el trabajo de investigadores y becarios.

**Listado de equipos que se utilizan en las experiencias de laboratorio**

- 1- Compresor alternativo de 25 litros doble salida regulada de aire comprimido, incluyendo medidores de presión y temperatura en el tanque para cumplimentar las mediciones de las propiedades termodinámicas. Este equipo pertenece al Grupo de Biomecánica Computacional (GBC) de la FIUNER. Además se requiere el uso de pinza amperométricas y pirómetros de mano para mediciones durante la experiencia.
- 2- AUTOCLAVE DE MESA TIPO CHAMBERLAIN: Se usa un autoclave solo con fines de muestra, para que los estudiantes tengan con contacto con el equipamiento.
- 3- Incubadora neonatal, provista por la cátedra de Equipamiento para Terapia y Rehabilitación, y equipos de calibración para medir presión, temperaturas, humedad y velocidad del aire según se detalla a continuación:
  - ANALIZADOR DE INCUBADORAS. Fluke Biomedical - Modelo INCU.
  - TERMOHIGRÓMETRO. SCHWYZ - Modelo DAT-10

Estos instrumentos y dispositivos son gentilmente prestados por Laboratorio de Calibración y Ensayo de

Equipamiento Médico (LEyCEM) de la FI-UNER.

4- Equipo entrenador para bomba térmica marca Eductrade modelo EPT/82 con bomba recirculadora de agua para mejora eficiencia del evaporador. En la experiencia se miden temperaturas superficiales con un termómetro infrarrojo del tipo pirómetro óptico propio de la cátedra. También se utiliza una interfase con placa Arduino, desarrollada en la cátedra, con la cual se adquiere en forma continua la temperatura en puntos específicos del circuito de refrigeración, permitiendo visualizar de manera online en la computadora el ciclo que refrigeración que se está ejecutando en el dispositivo.

5- Central meteorológica digital. Equipamiento de la cátedra de Termodinámica.

#### **Otros:**

Estrategias de autoevaluación

Se propone continuar con la utilización de la encuesta a los alumnos, de carácter institucional y realizada a través del sistema SIU-GUARANI, las cuales son procesadas por la Secretaría Académica de la FI-UNER según las pautas detalladas en la providencia resolutive CD: 001/14. También se ha elaborado una encuesta propia para recabar información sobre aspectos específicos de la metodología de enseñanza que actualmente no están contemplados en la encuesta institucional. Éstos resultados son usados para evaluar y tomar acciones correctivas en las estrategias de enseñanza, contenidos, evaluación, entre otros, y serán informados en la memoria de cátedra.

Objetivos académicos comprometidos en los planes de excelencia aprobados por el CD de la FIUNER:

- Aumentar el uso de ejemplos o casos de tecnología biomédica en la enseñanza de las asignaturas desde los primeros años de la carrera.

El equipo de cátedra trabaja intensamente para incorporar problemáticas de la práctica biomédica a la asignatura. Durante el primer año de trabajo del equipo de cátedra, se han desarrollado ya dos actividades de este tipo: esterilización por vapor húmedo y acondicionamiento de aire en incubadoras neonatales.

- Fortalecer las instancias curriculares orientadas al desarrollo de habilidades de expresión oral y escrita de los estudiantes de Bioingeniería.

Se fomenta a través de la defensa oral y trabajando en pizarrón frente a la clase, para la solución de las guías de problemas, trabajos integradores y experiencias de laboratorio, propuestas por la cátedra.

- Reforzar la implementación de estrategias didácticas centradas en la participación activa de los estudiantes.

Los alumnos participan activamente en cada experiencia mostrativa o demostrativa que se realice, como protagonistas y no como espectadores.

- Fortalecer la articulación horizontal y vertical de contenidos de las asignaturas de la carrera.

La cátedra articula hacia adelante con Mecánica de Fluidos, asignatura del cuarto año de la carrera. Tanto el Prof. Titular como el JTP son también docentes de Mecánica de Fluidos y tienen una perspectiva de los conceptos y contenidos que pueden elaborarse constructivamente y colaborativamente entre las asignaturas, en particular la importancia de los fluidos en la ingeniería, balances de masa y energía, entre otros. A su vez, los integrantes de ambas asignaturas pertenecen al Grupo Biomecánica Computacional, con lo cual la articulación también se completa con resultados de trabajos de I+D que luego son volcados en el aula.

El TI2, acondicionamiento de aire en una incubadora neonatal, es una actividad articulada con la cátedra de Equipamiento para Terapia y Rehabilitación y el Laboratorio de Ensayo y Calibración de Equipamiento Médico, quienes han colaborado en el diseño de la actividad.

El TI1, está articulado con docentes de otras asignaturas, quienes tienen experiencia teórica y práctica en equipos de esterilización por vapor húmedo. En Termodinámica se estudian los fundamentos, en el contexto de la aplicación, mientras que en asignaturas posteriores, seminarios, etc. se profundiza en los detalles de la práctica biomédica. Este esfuerzo busca consolidar un trayecto formativo coherente y organizado en la temática de esterilización, establecida como una actividad reservada para la carrera de Bioingeniería.

- Incrementar las instancias de evaluaciones formativas.

Las actividades experimentales y los trabajos integradores, se han formulado con el objetivo de promover instancias de evaluación de formativa. Se programan encuentros de exposición sobre los desarrollos y resultados obtenidos, en los cuales los alumnos los exponen y fundamentan ante sus pares y docentes. Los mismos alumnos se autoevalúan a través de la rúbrica.

Se están realizando todas las actividades formativas organizadas por el Área de Asesoría Pedagógica de la FI-UNER. La mayoría de éstas comprenden contenidos de aprendizaje centrado en el alumno. Estas actividades están siendo incorporadas en forma paulatina para evaluar su impacto en la enseñanza. También se utiliza una rúbrica que es compartida con los alumnos desde el primer día de clases, para que tengan una idea clara sobre cómo serán evaluados de acuerdo a esos requisitos.

Se han incluido cuestionarios de seguimiento, de carácter opcional, a través del aula virtual de Termodinámica, que ofrecen retroalimentación inmediata y específica en función de la respuesta seleccionada. La información brindada por estos cuestionarios se utiliza para implementar acciones oportunas, como ser reforzar conceptos generadores de dificultades en las clases previas al examen parcial.

También se incluyen actividades de juegos y competencias durante las clases, para generar debates e instancias de discusión.