

**Formulario de aprobación de curso de posgrado/educación permanente**

**Asignatura: Tecnología y Utilización de Gases Combustibles (TUGC)**

(Si el nombre contiene siglas deberán ser aclaradas)

**Modalidad:**

(posgrado, educación permanente o ambas)

**Posgrado**

**Educación permanente**

**Profesor de la asignatura <sup>1</sup>:** Ing. Gustavo Zabalza (Especialista en Ingeniería de la Energía)  
(título, nombre, grado o cargo, instituto o institución)

**Profesor Responsable Local <sup>1</sup>:** Dr. Ing. Pedro Curto, docente (G4) del IIMPI  
(título, nombre, grado, instituto)

**Otros docentes de la Facultad:** Ing. Marcos Tenconi Vigueret, Profesor (G3) del IIMPI  
Msc. Ing. Gabriel Pena Profesor (G2) del IIMPI  
(título, nombre, grado, instituto)

**Docentes fuera de Facultad:** Ing. Gustavo Zabalza (Especialista en Ingeniería de la Energía); Ing. Mario Botto (Especialista GNL); Ing. Alberto Rucks (Jefe de Ingeniería, MONTEVIDEO GAS); Arq. Martín Sales (Depto. de Ingeniería, MONTEVIDEO GAS); Ing. Alberto Devincenzi (Gerente de Ingeniería, CONECTA); Ing. Sergio Musetti (Encargado de Proyectos, GASODUCTO CRUZ DEL SUR); Ing. Javier Martínez (Gerente de Ingeniería, ACODIKE, Uruguay; Tec. IG2 Alejandro Berger (Director, MANUEL BERGER Y CÍA.);  
(título, nombre, cargo, institución, país)

<sup>1</sup> Agregar CV si el curso se dicta por primera vez.

(Si el profesor de la asignatura no es docente de la Facultad se deberá designar un responsable local)

[Si es curso de posgrado]

**Programa(s) de posgrado:**

**Instituto o unidad:** Instituto de Ingeniería Mecánica y Producción Industrial

**Departamento o área:** Departamento de Termodinámica Aplicada

**Horas Presenciales: 192**

(se deberán discriminar las horas en el ítem Metodología de enseñanza)

**Nº de Créditos:**

[Exclusivamente para curso de posgrado]

(de acuerdo a la definición de la UdelaR, un crédito equivale a 15 horas de dedicación del estudiante según se detalla en el ítem Metodología de enseñanza)

**Público objetivo:** Profesionales con título de grado en Ingeniería Mecánica, Química o Civil – Orientación Sanitaria. Técnicos con experiencia en diseño y ejecución de instalaciones comerciales e industriales de gases combustibles.

**Cupos:** Mínimo = 5 personas / Máximo = 20 personas

(si corresponde, se indicará el número de plazas, mínimo y máximo y los criterios de selección. Asimismo, se adjuntará en nota aparte los fundamentos de los cupos propuestos. Si no existe indicación particular para el cupo máximo, el criterio general será el orden de inscripción, hasta completar el cupo asignado)

---

**Objetivos:** Suministrar al Alumno y/o complementar los conocimientos básicos requeridos para diseñar y supervisar la construcción de instalaciones de gas combustible, así como su puesta en servicio y posterior mantenimiento, conversión o reparación. Habilitar al Alumno para la obtención de la Categoría IG-3 como Instalador Matriculado de Gas, brindando una capacitación acorde al Perfil de Formación definido para dicha Categoría en el ANEXO 1 del Decreto N° 216/002 del 13/06/02 - Reglamento de Instalaciones de Gases Combustibles.

---

**Conocimientos previos exigidos:** Fundamentos de Mecánica de Fluidos. Termodinámica Aplicada. Química de la Combustión. Metalurgia de Transformación. Título de Grado en Ingeniería Mecánica, Civil o Química al momento de rendir el Examen Final habilitante para la obtención de la Matrícula IG3.

**Conocimientos previos recomendados:** Mecánica de Fluidos Compresibles. Comportamiento Mecánico de los Materiales. Práctica de Taller Industrial.

---

**Metodología de enseñanza:**

(comprende una descripción de la metodología de enseñanza y de las horas dedicadas por el estudiante a la asignatura, distribuidas en horas presenciales -de clase práctica, teórico, laboratorio, consulta, etc.- y no presenciales de trabajo personal del estudiante)

Descripción de la metodología:  
[Obligatorio]

Detalle de horas:

- Horas de clase (teórico): 128
- Horas de clase (práctico): 14
- Horas de clase (laboratorio): 32
- Horas de consulta: 10
- Horas de evaluación: 8
  - Subtotal de horas presenciales: 192
- Horas de estudio: 55
- Horas de resolución de ejercicios/prácticos: 20
- Horas proyecto final/monografía: 20
  - Total de horas de dedicación del estudiante: 287

---

**Forma de evaluación:** Asistencia obligatoria y registrada al 80% de las clases dictadas en aula. Asistencia obligatoria y registrada al 100% de las visitas guiadas fuera de Facultad. Presentación en tiempo y forma de ejercicios prácticos y trabajos monográficos. Examen final (oral, teórico-práctico) Complemento de examen final (escrito práctico, en caso de no alcanzar el mínimo requerido para exoneración parcial mediante la entrega de los ejercicios prácticos)  
[Indique la forma de evaluación para estudiantes de posgrado, si corresponde]

[Indique la forma de evaluación para estudiantes de educación permanente, si corresponde]

---

**Temario:**

I – Fundamentos:

a.- Gases utilizados con fines energéticos: Reseña histórica. Caracterización físico-química de los gases combustibles. Clasificación de los gases combustibles. Gases Manufacturados, Gas Natural, Gases Licuados de Petróleo, Biogás, Syngas, Hidrógeno. Características. Intercambiabilidad entre gases combustibles. Composición y propiedades físicas del GLP y el GN. Caracterización y propiedades de los gases combustibles: toxicidad, inflamabilidad, explosividad. Temperatura de ignición, punto de inflamación y punto de combustión. Combustión, deflagraciones y explosiones.

b.- Producción y tratamiento: Origen y formación del GN. Características de los yacimientos. Extracción. Acondicionamiento del gas. Procesos empleados. Eliminación de partículas sólidas y líquidas, de vapor de agua y de hidrocarburos condensables. Criterios de diseño de los equipos. Extracción de CO<sub>2</sub> y SH<sub>2</sub>. Punto de rocío. Recuperación de hidrocarburos. Producción, Transporte y Almacenamiento de GLP en fase líquida. Características del GLP producido por ANCAP en el Uruguay.

c.- Combustión de gases: Combustión e intercambiabilidad de gases combustibles. Poder calorífico, densidad relativa e índice de Woobe. Familias de gases combustibles. Intercambiabilidad de gases combustibles. Quemadores de gas.

d.- Flujo de gas en cañerías y diseño de cañerías: Flujo compresible. Velocidad del sonido. Flujo estacionario adiabático isentrópico. Flujo isentrópico con cambios de área. Toberas convergentes y divergentes. Flujo compresible en conductos con fricción. Flujo en conductos sin fricción y con adición de calor. Ecuación general para flujos compresibles estacionarios e isotermos en cañerías horizontales. Cálculo mecánico de cañerías. Presión interna y solicitudes externas. Criterios de falla y factores de diseño en cañerías presurizadas.

II- Tecnología de los gases combustibles:

a.- Diseño, construcción y ampliación de propanoductos y gasoductos de transporte: Caudal de transporte. Consumo específico. Presiones operativas. Determinación del espesor y el diámetro de las cañerías. Fórmulas de cálculo. Consideración de la eficiencia operativa. Fórmulas simplificadas. Cálculo del factor de fricción. Factor de diseño según trazados. Protección anticorrosiva. Procedimientos constructivos. Especificaciones de soldadura. Calificación de procedimientos de soldadura y soldadores. Planos y especificaciones técnicas. Seguridad. Materiales utilizados. Reglamentación. Pruebas. Inspecciones de materiales en fábrica. Inspección de obras. Certificaciones de calidad. Criterios de ampliación de gasoductos. Previsión de demanda. Gestión del line-pack. La problemática uruguaya. Evaluación de alternativas para la ampliación de la capacidad de transporte. Incremento de la máxima presión operativa. Incremento de la potencia de compresión. Construcción de loops.

b.- Compresión y transporte de GN: Tipos de compresores y de impulsores. Turbinas a gas. Cálculo de la potencia de compresión. Modelos de turbinas disponibles comercialmente. Rendimientos. Factor de compresibilidad. Consumo de combustible. Transporte de gas por cañerías. Plantas compresoras. Optimización de su ubicación sobre la línea. Gasoductos Virtuales. Gas Natural Licuado.

c.- Diseño y construcción de redes de distribución: Presiones operativas. Diseño básico. Cálculo de diámetros. Válvulas de línea. Construcción de redes de polietileno. Materiales utilizados (cañerías, accesorios, herramientas). Obra mecánica. Obra civil. Planos y especificaciones técnicas. Seguridad..

Reglamentación. Pruebas. Inspección de obras. Puesta en servicio. Calificación del personal. Criterios de ampliación de redes de distribución. Previsión de demanda y ampliación de la capacidad de la red.

d.- Estaciones reguladoras de presión: Criterios de diseño y construcción. Sistemas aislados y en antena. Tipos de abastecimiento. Abastecimiento a redes y consumos concentrados (industrias y grandes consumidores) Procedimientos de cálculo. Verificación de la velocidad de circulación del gas. Selección de válvulas de regulación y de seguridad. Instrumentos. Pruebas. Separadores de polvo y líquido, filtros, calentadores, otros dispositivos.

e.- Medición y odorización: Diseño y construcción de plantas de medición y odorización. Selección de equipos. Criterios de asignación de medidores para uso industrial y residencial. Cumplimiento de normas. Error de medición admitido. Dosificación de odorante. Controles.

f.- Instalaciones de GLP: Plantas de Almacenamiento y Envasado. Depósitos de Recipientes. Diseño y construcción de tanques y recipientes Portátiles de GLP. Baterías de cilindros. Características generales. Ubicación e instalación. Cálculo y dimensionamiento. Capacidad de suministro en régimen continuo. Factor de utilización. Almacenamiento de GLP en instalaciones industriales. Tipos de depósitos. Cálculo y dimensionamiento. Equipos de vaporización. Elementos de control y dispositivos de seguridad. Cañería interna. Cálculo y dimensionamiento. Instalaciones domiciliarias individuales y colectivas. Instalaciones de calefacción. Aplicaciones industriales. Utilización de gas licuado como combustible alternativo. Plantas de dilución. Sistemas de peak-shaving. Previsión para futura conversión e intercambiabilidad con GN

g.- Combustión y evacuación de humos: Combustión e intercambiabilidad de gases combustibles. Poder calorífico, densidad relativa e índice de Woobe. Familias de gases combustibles. Intercambiabilidad de entregas natural y propano indiluido. Conversión de redes de distribución. Adaptación de gasodomésticos. Efectos del monóxido de carbono. Evacuación de los productos de combustión. Clasificación de sistemas. Sistemas para artefactos no conectados a conductos. Requerimientos de ventilación de ambientes y cálculo de aberturas mínimas. Artefactos conectados a conductos individuales. Artefactos de tiro natural o cámara abierta. Artefactos de tiro balanceado o cámara cerrada. Sistemas de conexión a conductos colectivos. Cálculo del conducto colectivo. Ventiladores. Tipos y características. Regulación del caudal.

h.- Quemadores de gas: Tipos y características. Presión de trabajo. Incorporación de aire. Grado de automatización. Controlador. Secuencia de encendido. Tiempos de seguridad. Prebarrido. Control de aire primario y secundario. Regulación de la potencia de fuego. Dispositivos de seguridad: pilotos; detección de llama; detectores térmicos, iónicos y fotoeléctricos; dispositivos de control de límite; válvulas automáticas de cierre; enclavamientos. Quemadores duales.

i. Instalaciones residenciales y gasodomésticos: Prolongación domiciliar. Prolongaciones con medidores al frente y en el interior del edificio. Prolongaciones para baterías de medidores. Cañería interna: instalación; soportes de la cañería; pendientes mínimas; ubicación de sifones. Llaves de paso. Accesorios. Pruebas de hermeticidad, habilitación y puesta en servicio. Obstrucciones. Localización de pérdidas. Instalación y utilización de los gasodomésticos. Cocinas. Secadores de ropa. Producción de agua caliente sanitaria. Calefones. Termotanques. Sistemas de calefacción a gas. Calefacción local y centralizada. Calderas de cámara estanca. Calderas de cámara abierta con ventilación a los cuatro vientos. Calefactores a gas. Sistemas de radiación infrarroja. Convectores de tiro natural o cámara abierta. Convectores de tiro balanceado o cámara estanca. Estufas catalíticas. Refrigeradores y equipos de aire acondicionado. Eficiencia de la instalación. Funcionamiento. Distribución del calor.

j.- Instalaciones y equipos comerciales e industriales: Criterios de diseño y configuración general. Sistemas ramificados y de anillo. Consumos de procesos y servicios. Planilla de artefactos y planilla de cálculo. Parámetros de diseño: presión de distribución interna; velocidad máxima de gas; caídas de presión admisibles; diámetros, espesores y materiales. Equipos de secado, cocción y manufactura de alimentos. Equipos industriales: sopletes, secadores, hornos y calderas industriales. Generación de energía eléctrica. Calderas a gas. Tipos y características. Conversión de calderas para uso con gas combustible. Instalación. Sala de calderas: Ubicación y lay-out; dimensiones y distancias de seguridad; ventilación del recinto; evacuación de los productos de combustión. Instalación de servicios en la sala de calderas. Instalación eléctrica. Instalación de lucha contra incendios. Normas de aplicación.

k.- Gas Natural Comprimido Vehicular (GNCV): Utilización del GNC para transporte vehicular en el mundo. La experiencia Argentina. Sistemas de adaptación. Performance del motor. Kits de conversión. Elementos de seguridad. Revisión periódica de cilindros. Estaciones de abastecimiento de GNCV. Normativa aplicable en el Uruguay.

III: Normativa, proyectos, operación y mantenimiento:

a.- GLP y GN en el mundo: Síntesis de la situación actual. Producción y Reservas. Tamaño y evolución en las distintas regiones. Comercialización y consumo de GLP y GN en el mundo. Participación en el balance energético de diferentes países del mundo.

b.- Sistemas de transporte y distribución de GLP y GN en el Uruguay: Características generales y parámetros operativos. Áreas de influencia e interconexión. Estadísticas de demanda y crecimiento. Perspectivas de desarrollo y expansión en el corto y mediano plazo.

c.- Integración de sistemas gasíferos: Conexión e interdependencia de los sistemas de transporte de GN. Integración regional. La situación del Uruguay en el contexto regional.

d.- Regulaciones establecidas para la industria del GLP y el GN en el Uruguay: Legislación vigente en el Uruguay. Reglamento de Instalaciones de Gas. Unidad Reguladora de los Servicios de Energía y Agua. Empresas e instaladores habilitados. Competencia y Responsabilidades de los Instaladores. Licencias de transporte, comercialización y distribución vigentes. Características del servicio. Acceso abierto. Exclusividad. Ajuste de tarifas. Calidad del gas. Pautas de Despacho. Medición. Control y fiscalización.

e.- Normativa técnica de aplicación en el Uruguay: Normas UNIT 1005, NAG 201, NAG 100, NFPA 54 y NFPA 58. Otras normas de referencia. Reglamento Técnico y de Seguridad de la URSEA. Decretos y Ordenanzas Municipales. Instructivos Técnicos de la Dirección Nacional de Bomberos. Procedimientos de presentación de proyectos ante las Autoridades Competentes y las Empresas Distribuidoras. Formularios CPP, CCTO, CCTO - Verificación Punto a Punto, CIA, CMI.

f. Operación y mantenimiento de gasoductos e instalaciones asociadas: Manuales de Ingeniería y Materiales, Construcciones, Operación y Mantenimiento, de Protección Ambiental, de Medición, de Atención de Emergencias, etc. Elaboración de procedimientos específicos para operación y mantenimiento de gasoductos, redes e instalaciones asociadas. Programas de Mantenimiento. Presiones Operativas. Verificación de Clases de trazado. Vigilancia continua. Planos y diagramas operativos. Unifilares. Modificación de la presión de operación. Inyección y extracción de gas. Cumplimiento de estándares de calidad. Criterios de seteo de válvulas reguladoras y de seguridad. Verificación de nivel de ruido e impacto ambiental. Control de funcionamiento de separadores, calentadores y odorizadores. Mantenimiento preventivo y correctivo. Plan anual de trabajos. Relevamiento de fugas. Medición de potenciales de protección catódica. Señalización. Control de instrumentos.

Verificación de funcionamiento de reguladoras, dispositivos de line-break, otros equipos. Pasaje de scrapers. Sistemas SCADA. Historial de reparaciones realizadas. Organización de bases operativas y de mantenimiento. Dotación de personal. Selección de equipo. Máquinas y herramientas. Camiones taller. Stock de repuestos.

g.- Operación y mantenimiento de redes de distribución: Presiones operativas. Planos y diagramas operativos. Modelización y vectorización de redes. Control invernal de presiones. Puntas de red. Distribución de presiones para asegurar el normal funcionamiento en picos horarios y prevenir ampliaciones. Bases operativas en redes de distribución. Trabajos en cañerías de polietileno. Termofusión y electrofusión. Pinzado y corte de caños. Derivaciones en carga.

h.- Adquisición y comercialización de GLP y GN en el Uruguay. Tipos de contrato y modalidades de suministro. Expansión de redes en función de la demanda: Actores del mercado. Productores, cargadores, comercializadores, envasadores, transportistas, distribuidores y usuarios. Costo del GN en boca de yacimiento. Costos estacionales. Transporte en firme e interrumpible. Clientes industriales y residenciales. Costos de operación y mantenimiento correspondientes a materiales, mano de obra, repuestos, insumos, etc. Gas retenido. Gas no contabilizado. Impuestos. Seguros. Otros costos. Evaluación de proyectos de ampliación del sistema. Consideraciones sobre el pase a tarifa. Estudio de nuevas unidades de negocios. Posibilidad de incorporación de nuevos usuarios en función de su posible contribución económica. Perspectivas de crecimiento. Planificación estratégica. Desarrollo de obras en función del crecimiento esperado de clientes.

i.- Aspectos Tarifarios: Cuadros tarifarios. Tarifas de transporte. Tarifas de distribución. VADEG. Concepto y procedimiento de cálculo. Tasa de rentabilidad.

j.- Proyectos de suministro a industrias y grandes consumidores: Evaluación del costo de obras nuevas y de ampliaciones o modificaciones. Costo de materiales y mano de obra. Otros costos. Cronograma de obras y su incidencia en el financiamiento. Estudios de rentabilidad. Proyectos verdes; reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, mercado de bonos de carbono e incremento de eficiencia energética. Proyectos amparados en la Ley de Inversiones.

---

#### **Bibliografía:**

Tecnología y Utilización del Gas Natural  
Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República – I.I.M.P.I.  
Apuntes del Curso (2005)

Instalaciones de Gas  
Néstor Pedro Quadri Tercera Edición Actualizada (1998) – I.S.B.N. 950-553-056-0 Librería y Editorial Alsina – Buenos Aires

Tratado General del Gas  
Raúl R. Llobera I.S.B.N. 950-526-071-7 Cesarini Hnos. – Editores – Buenos Aires

Instalaciones de Gases Combustibles J.A. de Andrés y R. Pomatta; S. Aroca Lastra; M. García Gándara  
Primera Edición (1997) – I.S.B.N. 84-87440-89-4 Madrid Vicente – Editores (Madrid)

Reglamento de Instalaciones de Gas  
Resolución del Ministerio de Industria, Energía y Minería - 31 de Octubre de 2002

Reglamento para la Prestación de Actividades de Comercialización Mayorista, Transporte, Envasado, Recarga y Distribución de Gas Licuado de Petróleo Resolución N° 5/004 de la Unidad Reguladora de los Servicios de Energía y Agua (URSEA) – 6 de Febrero de 2004

Reglamento Técnico y de Seguridad de Instalaciones y Equipos Destinados al Manejo de Gas Licuado de Petróleo. Resolución N° 5/004 de la Unidad Reguladora de los Servicios de Energía y Agua (URSEA) - 6 de Febrero de 2004

Reglamento de Suministro y Uso Vehicular del Gas Natural Comprimido. Resolución N° 26/003 de la Unidad Reguladora de los Servicios de Energía y Agua (URSEA) – 5 de Diciembre de 2003

UNIT 1005-00 – Norma de Instalaciones para Gases Combustibles por Cañería. Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (UNIT)

NAG - 100: Normas Argentinas Mínimas de Seguridad para el Transporte de Gas Natural y Otros Gases por Cañerías. Ente Nacional Regulador del Gas de la República Argentina (ENARGAS)

NAG - 201: Disposiciones, Normas y Recomendaciones para Uso de Gas Natural en Instalaciones Industriales. Ente Nacional Regulador del Gas de la República Argentina (ENARGAS)

NFPA 54: National Fuel Gas Code  
National FIRE Protection Association (EEUU)

NFPA 58: Liquefied Petroleum Gas Code National FIRE Protection Association (EEUU)

Material Específico del Curso, desarrollado o seleccionado por los Docentes a cargo del Curso: apuntes, selección de notas y artículos bibliográficos, catálogos e información técnica de proveedores especializados

(título del libro-nombre del autor-editorial-ISBN-fecha de edición)

---