

**Facultad de Ingeniería  
Comisión Académica de Posgrado**

---

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

**Asignatura: Daño por hidrógeno en materiales metálicos**

(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. Mariano A. Kappes, PhD. UNSAM. Instituto Sabato. CNEA. Argentina**

(título, nombre, grado o cargo, instituto o institución)

**Profesor Responsable Local <sup>1</sup>: MSc. Mariana Silva, G3, Instituto de Ensayo de Materiales, Facultad de Ingeniería, Udelar**

(título, nombre, grado, instituto)

**Otros docentes de la Facultad: Dr. Mauricio Ohanian, G3, Instituto de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Udelar.**

(título, nombre, grado, instituto)

**Docentes fuera de Facultad:**

(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: Maestría y Doctorado en Ingeniería Mecánica**

**Instituto o unidad: Instituto de Ensayo de Materiales (IEM)**

**Departamento o área: Departamento de Metales**

---

**Horas Presenciales: 30**

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

**Nº de Créditos: 4**

[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:** Ingenieros mecánicos, químicos o equivalente. Estudiantes de la Maestría y Doctorado en Ingeniería Mecánica. Técnicos en general que trabajen con hidrógeno en fase gaseosa, o generado en el proceso de producción.

**Cupos:**

# Facultad de Ingeniería

## Comisión Académica de Posgrado

---

(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:** Acercar a los estudiantes a los fundamentos básicos de interacción entre hidrógeno y aceros, describiendo los diversos tipos de daño producidos luego de la absorción de hidrógeno desde fase gaseosa o acuosa, en componentes metálicos que operan en medios industriales..

---

**Conocimientos previos exigidos:** Conocimientos básicos de sólidos cristalinos y reacciones químicas

**Conocimientos previos recomendados:** Diagramas de fase, metalurgia de aceros

---

### 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): 20
- Horas de clase (práctico):
- Horas de clase (laboratorio): 4
- Horas de consulta: 4
- Horas de evaluación: 2
  - Subtotal de horas presenciales: 30
- Horas de estudio: 30
- Horas de resolución de ejercicios/prácticos: 0
- Horas proyecto final/monografía:
  - Total de horas de dedicación del estudiante: 60

---

### Forma de evaluación: Examen escrito

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

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

---

### Temario:

1. Introducción. Formas de penetración del hidrógeno en los metales. Estado y desplazamiento del hidrógeno en los metales. Mediciones de difusión y atrapamiento de hidrógeno. Daño por hidrógeno en los aceros. Problemas durante la elaboración, fabricación y servicio. Clasificación de los distintos tipos de daño: ataque por hidrógeno, ampollado y fragilización.
2. Ataque por hidrógeno. Casos prácticos y dominio de existencia, prevención, mecanismo. Curvas

## Facultad de Ingeniería Comisión Académica de Posgrado

---

de Nelson: análisis de las curvas, factores no especificados en las curvas. Caso de estudio: rotura catastrófica causada por ataque por hidrógeno en refinería. Análisis sobre problemas de ataque por hidrógeno en soldaduras, recomendaciones.

3. Ampollado (fragilización inducida por hidrógeno). Casos prácticos y dominio de existencia, prevención. Mecanismo. Rol de la microestructura y composición química de los aceros. Prevención. Recomendaciones.
  4. Fragilización por Hidrógeno (Rotura Diferida): Casos prácticos y dominio de existencia, mecanismos. Rol de: contenido de hidrógeno, tensiones, propiedades mecánicas, microestructura. Fragilización por hidrógeno (FPH) de aceros ferríticos. Aceros inoxidables austeníticos y sus soldaduras. Prevención. Recomendaciones. Mecanismos de fragilización por hidrógeno. Evaluación de la fragilización por hidrógeno mediante ensayos de laboratorio.
  5. Caso de estudio: transporte de hidrógeno en gasoductos. Códigos aplicables. Ensayos requeridos. Limitaciones y perspectivas a futuro.
- 

### Bibliografía:

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

1. Degradación de los aceros por efecto del hidrógeno - Ovejero García, José – editado por Daniel Miguel Pasquevich. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Comisión Nacional de Energía Atómica - CNEA - ISBN: 978-987-1323-46-3 – 2016
2. Gaseous hydrogen embrittlement of materials in energy technologies Volume 1: The problem, its characterisation and effects on particular alloy classes. Richard P. Gangloff y Brian P. Somerday (editores). Woodhead publishing. ISBN 978-1-84569-677-1, Cambridge (UK) 2011.
3. Gaseous hydrogen embrittlement of materials in energy technologies Volume 2: Mechanisms, modelling and future developments. Richard P. Gangloff y Brian P. Somerday (editores). Woodhead publishing. 978-0-85709-536-7, Cambridge (UK) 2011.
4. Stress corrosion cracking, V.S Raja y Tetsuo Shoji (editores). Woodhead publishing. ISBN 978-1-84569-673-3, Cambridge (UK) 2011.
5. Diapositivas del curso (contienen referencias a papers y normas internacionales).

### Datos del curso

---

**Fecha de inicio y finalización:**

**Horario y Salón:**

**Arancel: Se otorgarán becas**

[Si la modalidad no corresponde indique "no corresponde". Si el curso contempla otorgar becas, indíquelo]

**Arancel para estudiantes inscriptos en la modalidad posgrado: 0**

**Arancel para estudiantes inscriptos en la modalidad educación permanente: 1200 UI**

---