

# Facultad de Ingeniería

## Comisión Académica de Posgrado

---

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

**Asignatura:** Transferencia Inalámbrica de Energía por Acople Inductivo

**Modalidad:**

Posgrado



Educación permanente



**Profesor de la asignatura**<sup>1</sup>: Dr. Pablo Pérez Nicoli, Profesor adjunto Gr3, Instituto de Ingeniería Eléctrica

**Profesor Responsable Local**<sup>1</sup>: Dr. Pablo Pérez Nicoli, Profesor adjunto Gr3, Instituto de Ingeniería Eléctrica

**Otros docentes de la Facultad:** NO

**Docentes fuera de Facultad:** NO

<sup>1</sup> Se adjunta CV

**Programa(s) de posgrado:** Ingeniería Eléctrica

**Instituto o unidad:** Instituto de Ingeniería Eléctrica

**Departamento o área:** Departamento de Electrónica

---

**Horas Presenciales:** 45

**Nº de Créditos:** 6 créditos

**Público objetivo:** El curso está orientado a egresados de carreras de ingeniería, especialmente Ingeniería Eléctrica, pero no excluyente, tanto estudiantes de posgrado como profesionales en actividad, que deseen adquirir una comprensión general de los sistemas de transferencia inalámbrica de energía por acople inductivo, y desarrollar habilidades que les permitan comprender sistemas comerciales y diseñar sus propios sistemas. El curso hará especial énfasis en los aspectos prácticos del diseño, por lo que resultará especialmente útil para personal técnico de empresas que deseen desarrollar proyectos en esta área.

**Cupos:** No corresponde

---

**Objetivos:** El objetivo principal del curso es introducir al estudiante en los aspectos teóricos y prácticos fundamentales para el diseño de un sistema de transferencia de energía inalámbrica por acople inductivo.

Al finalizar la asignatura, se espera que el estudiante esté capacitado para:

- Conocer las distintas aplicaciones de estos sistemas, desde sus orígenes hasta los usos actuales.
- Comprender las principales arquitecturas a nivel de sistema utilizadas hoy en día para implementar estos enlaces.

# Facultad de Ingeniería

## Comisión Académica de Posgrado

---

- Identificar y analizar los principales aspectos de diseño necesarios para optimizar la eficiencia y/o la potencia entregada a la carga.
- Analizar sistemas comerciales existentes y realizar adaptaciones para adecuarlos a nuevas especificaciones.
- Diseñar (o seleccionar componentes comerciales) para cada uno de los bloques principales que conforman estos sistemas: circuito driver en el transmisor, redes de adaptación, bobinas/antenas, circuitos de rectificación, y circuitos de adecuación de carga para sistemas de baja potencia (como convertidores DC-DC y cargadores de batería).
- Conocer los principales aspectos normativos relativos a seguridad y la compatibilidad electromagnética.

---

**Conocimientos previos exigidos:** Conocimientos equivalentes a los cursos de Electromagnetismo, Teoría de Circuitos, y Electrónica Fundamental de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de la República.

**Conocimientos previos recomendados:** Cursos relacionados con diseño de sistemas de radiofrecuencia, y teoría electromagnética.

---

### Metodología de enseñanza:

#### Descripción de la metodología:

La primera mitad del curso (primeras 7 semanas) consistirá en una clase semanal de 2 horas de duración que combinará aspectos teóricos y prácticos. Cada clase comenzará con una exposición teórica y finalizará con una actividad práctica. Estas actividades podrán incluir una o más de las siguientes: 1) aplicar los conocimientos teóricos para predecir, mediante cálculos analíticos, el funcionamiento de determinados enlaces; 2) realizar simulaciones eléctricas de circuitos; 3) realizar simulaciones por elementos finitos (FEA) de bobinas; y 4) efectuar mediciones experimentales. Cada semana, los estudiantes deberán leer los textos recomendados y completar las actividades prácticas que no hayan finalizado durante la clase.

La segunda mitad del curso (últimas 7 semanas) consistirá en encuentros de 2 horas, en los cuales los estudiantes presentarán avances de su proyecto final, el cual desarrollarán de forma individual. Estos proyectos se seleccionarán teniendo en cuenta el perfil y los intereses de cada estudiante en la temática.

Durante todo el semestre, se dispondrá de un horario semanal de una hora destinado a evacuar dudas, ya sean generales sobre las clases o específicas sobre los proyectos individuales.

#### Detalle de horas:

- Horas de clase (teórico): 7
- Horas de clase (práctico): 7
- Horas de clase (laboratorio): 14\*
- Horas de consulta: 15
- Horas de evaluación: 2\*\*
- (\*) Se cuentan aquí horas presenciales de trabajo en el proyecto final del curso y correspondientes presentaciones de avance.

# Facultad de Ingeniería

## Comisión Académica de Posgrado

---

- (\*\*) La asistencia a clase (salvo las de consulta) es obligatoria y cada estudiante será evaluado mientras desarrolla las actividades prácticas de cada clase. Al finalizar el curso, realizará una defensa de su trabajo final.
  - Subtotal de horas presenciales: 45
- Horas de estudio: 15
- Horas de resolución de ejercicios/prácticos: 0
- Horas proyecto final/monografía: 30
  - Total de horas de dedicación del estudiante: 90

---

### Forma de evaluación:

El curso se aprueba exclusivamente por exoneración, sin instancia de examen final.

La evaluación será continua y se basará en la capacidad del estudiante para desarrollar las actividades prácticas realizadas durante las primeras 7 semanas de clase, así como en el seguimiento y la calidad del trabajo final desarrollado en la segunda mitad del curso.

Las actividades prácticas se calificarán como aprobadas o reprobadas, sin calificaciones, mientras que el trabajo final será el que determine la calificación final del estudiante.

---

### Temario:

El contenido se divide en 7 bloques, correspondientes a los encuentros semanales de las primeras 7 semanas de clase.

1. Introducción: Qué es la transferencia inalámbrica de energía y cuáles son las diferentes formas de implementarla. Revisión histórica de sus orígenes y usos desde fines del siglo XIX, pasando por su evolución en el siglo XX, hasta su uso masivo en el siglo XXI. Introducción al acople inductivo y presentación de los principales bloques que componen el sistema.
2. Modelado teórico y cálculos analíticos de sistemas de dos bobinas (un transmisor y un receptor): Revisión de conceptos básicos (autoinductancia, inductancia mutua, factor de calidad, coeficiente de acoplamiento, ecuaciones de transformador). Introducción al circuito equivalente que modela el enlace y al enfoque conocido como Reflected Load Theory para su análisis. Deducción de expresiones analíticas que permiten predecir el funcionamiento del sistema (por ejemplo, eficiencia del enlace y potencia transmitida a la carga). Efecto de la resonancia en el transmisor y en el receptor sobre el rendimiento del enlace. Impacto del sobreacoplamiento (k). Comparación entre imponer tensión o corriente en el transmisor. Influencia del factor de calidad de las bobinas.
3. Optimización de la carga: Comprensión de la existencia de una carga óptima y análisis de las diferentes estrategias utilizadas hoy en día para ajustarla al valor que maximiza el rendimiento del enlace. Diferencias entre utilizar un resonador serie o paralelo en el receptor. Uso de redes de adaptación genéricas. Impacto del rectificador, convertidor DC-DC o cargador de baterías en la performance del sistema.
4. Sistemas con más de una bobina: uso de repetidores pasivos. Deducción de expresiones analíticas para sistemas con más de dos bobinas. Estudio del efecto de los elementos resonantes adicionales en el enlace.
5. Back telemetry: Estudio de las diferentes formas de transmitir datos a través del enlace inductivo. Se analizará como ejemplo la tecnología RFID-LF para identificación animal utilizada en Uruguay. Presentación general de otros sistemas, como Near Field Communication (NFC) y el estándar Qi. Análisis de los principales aspectos a considerar al diseñar un enlace que permita transmitir tanto energía como datos.
6. Diseño de Bobinas: Análisis de diferentes estructuras y formas de bobinas, así como de materiales (cables o pistas en PCB). Presentación de aproximaciones teóricas y simulaciones FEA. Introducción a aspectos de seguridad humana, compatibilidad electromagnética y efectos de elementos extraños cercanos al enlace.

# Facultad de Ingeniería

## Comisión Académica de Posgrado

---

7. Aplicaciones y comienzo de proyectos de fin de curso: Se presentarán aplicaciones modernas concretas, y se trabajará junto a los estudiantes para definir el alcance y los objetivos de sus proyectos finales.

### Bibliografía:

#### Principal

“Inductive Links for Wireless Power Transfer: Fundamental Concepts for Designing High-efficiency Wireless Power Transfer Links”, Pablo Pérez-Nicoli , Fernando Silveira , Maysam Ghovanloo, Springer, 978-3-030-65476-4, 2021

#### Complementaria

“Wireless power transfer for electric vehicles and mobile devices”, Chun T. Rim, Chris Mi, Wiley, 978-1-119-32905-3, 2017

“Introduction to Electrodynamics”, David J. Griffiths, Pearson, 978-0-321-85656-2, 2012

“CMOS Integrated Circuit Design for Wireless Power Transfer”, Yan Lu, Wing-Hung Ki, Springer, 978-981-10-2614-0, 2018

**Datos del curso**

---

**Fecha de inicio y finalización:** Agosto a diciembre 2026

**Horario y Salón:**

**Arancel:**

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

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

**Arancel para estudiantes inscriptos en la modalidad educación permanente:** 3504 UI

**Actualizado por expediente n.º:** 060180-000191-25

---