

Curso  
**VEHÍCULOS HÍBRIDOS, ELÉCTRICOS y  
a HIDRÓGENO.**

*Edición 2022*

**Facultad de Ingeniería de la  
Universidad de la República**

*Montevideo - Uruguay*



Federación  
Iberoamericana  
de Ingeniería  
Mecánica



Federação  
Iberoamericana  
de Engenharia  
Mecânica

## OBJETIVO

El objetivo del curso es introducir al alumno en el diseño de los sistemas de propulsión eléctricos e híbridos de los vehículos automóviles en sus diferentes configuraciones: serie, paralela y mixta, así como en los vehículos de pila de combustible profundizando en los aspectos relacionados con el dimensionamiento de sus componentes y con las diferentes estrategias de gestión energética.

## DESCRIPCIÓN DEL CURSO

La industria del automóvil tendrá que hacer frente en los próximos años a los retos tecnológicos que se demandan, haciendo especial esfuerzo en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, de las emisiones contaminantes y sonoras, así como, en el aumento del rendimiento, el uso de fuentes de energía renovable, la seguridad y un ciclo de vida sostenible desde el pozo hasta su final de vida, mediante la utilización de materiales renovables y reciclables.

Una reducción importante de los gases de efecto invernadero en el transporte por carretera sólo se podrá alcanzar mediante un incremento significativo del rendimiento de los sistemas de propulsión (eficiencia energética). En este sentido, los vehículos híbridos y eléctricos se posicionan como candidatos prometedores para un sistema de transporte sostenible. Los sistemas de propulsión eléctrica tienen un elevado rendimiento, robustez y mantenimiento limitado, así como flexibilidad en el control del par y de la velocidad. La gran ventaja del vehículo eléctrico en el entorno urbano es su funcionamiento sin emisiones contaminantes y escaso ruido en su punto de uso, además la emisión de gases de efecto invernadero es nula si la energía eléctrica empleada proviene de fuentes renovables. En este sentido, la pila de combustible alimentada con hidrógeno, se postula como una solución a medio-largo plazo como sistema a incorporar en la planta propulsora del vehículo buscando mejoras relacionadas con la autonomía e impacto medioambiental.

Este curso trata de desarrollar todos los conceptos relacionados con las configuraciones propulsivas de los vehículos eléctricos, híbridos y de pila de combustible, así como de sus componentes, como base de un progresivo cambio tecnológico con el propósito de mejorar la eficiencia energética en el transporte.

## TEMARIO DEL CURSO

El temario del curso lo configuran 10 temas, agrupados en 5 unidades didácticas, según se recoge en la siguiente tabla:

UNIDAD DIDÁCTICA	TEMA
<b>UD1:</b> Introducción	<b>T1.-</b> Introducción a la propulsión del automóvil
<b>UD2:</b> Componentes de los sistemas de propulsión	<b>T2.-</b> Características de las baterías
	<b>T3.-</b> Características de los motores eléctricos
<b>UD3:</b> Vehículos eléctricos	<b>T4.-</b> Vehículos eléctricos
<b>UD4:</b> Vehículos híbridos	<b>T5.-</b> Concepto de hibridación
	<b>T6.-</b> Configuración serie
	<b>T7.-</b> Configuración paralelo
	<b>T8.-</b> Configuración serie-paralelo
<b>UD5:</b> Vehículos con pila de combustible	<b>T9.-</b> Vehículos enchufables
	<b>T10.-</b> Vehículos con pila de combustible

## CONTENIDO DE LAS UNIDADES DIDÁCTICAS:

UNIDAD DIDÁCTICA 1: Introducción	
TEMA	APARTADOS
1.- Introducción	1.El automóvil y la movilidad humana 2.Retos tecnológicos del transporte. Panorama energético y medioambiental. 3.Fundamento de la propulsión de los vehículos y frenado 4.Sistemas de transmisión

UNIDAD DIDÁCTICA 2: Componentes de los sistemas de propulsión	
TEMA	APARTADOS
2.- Características de las baterías	1.Funcionamiento y características de una celda. 2.Características eléctricas de una celda: tensión en circuito abierto, tensión de celda, capacidad, estado de carga, rendimiento, ciclos, potencia específica y energía específica. 3.Calor generado por la batería. 4.Baterías de plomo-ácido. 5.Baterías basadas en el níquel. 6.Baterías basadas en el sodio. 7.Baterías basadas en el litio. 8.Baterías basadas en el metal-aire.

	9. Supercondensadores.
--	------------------------

<b>UNIDAD DIDÁCTICA 2: Componentes de los sistemas de propulsión.</b>	
<b>TEMA</b>	<b>APARTADOS</b>
3.- Características de los motores eléctricos	1. Curvas características de las máquinas eléctricas. 2. Rendimiento de las máquinas eléctricas. 3. Clasificación de los motores eléctricos para la tracción. 4. Motores de continua: con escobillas y sin escobillas (brushless DC). 5. Motores de inducción: rotor bobinado y rotor de jaula de ardilla. 6. Motores síncronos: rotor bobinado y de imanes permanentes. 7. Motores de reluctancia conmutada. 8. Motores de flujo axial. 9. Criterios de selección de los motores eléctricos.

<b>UNIDAD DIDÁCTICA 3: Vehículos eléctricos.</b>	
<b>TEMA</b>	<b>APARTADOS</b>
4.- Vehículos eléctricos	1. Configuración de un propulsor eléctrico. 2. Comportamiento de un vehículo eléctrico. 3. Determinación de la potencia del motor eléctrico. 4. Determinación de la potencia y energía de las baterías. 5. Hibridación baterías-supercondensadores.

<b>UNIDAD DIDÁCTICA 4: Vehículos híbridos</b>	
<b>TEMA</b>	<b>APARTADOS</b>
5.- Concepto de hibridación	1. Patrones de funcionamiento. 2. Arquitecturas híbridas. 3. Características del acoplamiento eléctrico. 4. Características del acoplamiento de par. 5. Características del acoplamiento de velocidad. 6. Características del acoplamiento de par-velocidad.

<b>UNIDAD DIDÁCTICA 4: Vehículos híbridos</b>	
<b>TEMA</b>	<b>APARTADOS</b>
6.- Configuración serie	1. Modos de funcionamiento. 2. Estrategias de control.

	3. Diseño de los principales componentes de la configuración híbrida serie. Potencia del motor de tracción. Potencia del motor-generator. Potencia y energía de las baterías.
--	---

<b>UNIDAD DIDÁCTICA 4: Vehículos híbridos</b>	
<b>TEMA</b>	<b>APARTADOS</b>
7.- Configuración paralelo	1. Configuración del tren propulsor. 2. Estrategias de control. 3. Diseño de los principales componentes de la configuración híbrida paralelo. Potencia del motor térmico. Potencia del motor eléctrico. Potencia y energía de las baterías.

<b>UNIDAD DIDÁCTICA 4: Vehículos híbridos</b>	
<b>TEMA</b>	<b>APARTADOS</b>
8.- Configuración serie-paralelo	1. Análisis del acoplamiento de velocidad. 2. Configuración del tren propulsor. 3. Control del tren propulsor. 4. Estrategias de control. 5. Diseño de los componentes del tren propulsor.

<b>UNIDAD DIDÁCTICA 4: Vehículos híbridos</b>	
<b>TEMA</b>	<b>APARTADOS</b>
9.- Vehículos enchufables	1. Modos de funcionamiento. 2. Estrategias de control. 3. Diseño de los componentes del tren propulsor.

<b>UNIDAD DIDÁCTICA 5: Vehículos con pila de combustible</b>	
<b>TEMA</b>	<b>APARTADOS</b>
10.- Vehículos con pila de combustible	1. Rendimiento de una pila de combustible. 2. Consumo de oxidante y combustible en una pila de combustible. 3. Características del sistema de pila de combustible. 4. Almacenamiento y seguridad del hidrógeno. 5. Sistemas híbridos de pila de combustible y baterías. 6. Configuración del tren propulsor. 7. Potencia del motor eléctrico, potencia de la pila de combustible, potencia y energía de la batería.

## DESARROLLO SEMANAL

La duración del curso es de 30 horas distribuidas del siguiente modo, hora local Uruguay (GMT-3):

HORARIO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
9.00-11.00	El automóvil y la movilidad	Baterías – Parte II	Fundamentos de la propulsión - Parte II	Híbrido serie	Vehículos enchufables
11.30-13.30	Baterías – Parte I	Vehículos eléctricos - Parte I	Vehículos eléctricos - Parte II	Híbrido paralelo	Hidrógeno y pila de combustible
15.00-17.00	Fundamentos de la propulsión - Parte I	Motores eléctricos	Concepto hibridación	Híbrido serie-paralelo	Vehículos con pila de combustible

## BIBLIOGRAFÍA:

- López, J.M<sup>a</sup>. **“Vehículos híbridos y eléctricos. Diseño del tren propulsor”**. Publicaciones de la ETSSII de Madrid. 2016. (LIBRO DE TEXTO)
- F. Aparicio, C. Vera Alvarez, V. Díaz López. **“Teoría de los vehículos automóviles”**. Sección de publicaciones de la ETSII
- Husain, I. **“Electric and Hybrid Vehicles. Design Fundamentals”** CRC Press, 2010
- Kam, K and Doeff, M. **“Electrode Materials for Lithium Ion Batteries”** Material Matters, V7, n4. 2012.
- Hu, H., Smaling, R., Baseley, S. **“Advanced Hybrid Powertrains for Commercial Vehicles”**. SAE International, 2012.
- Larminie, J. and Dicks, J **“Fuel Cell Systems Explained”**. John Wiley and Sons Ltd., 2003.

## PROFESORADO:

- **Dr. Francisco Aparicio Izquierdo**  
Profesor Emérito de la Universidad Politécnica de Madrid,  
Presidente del Instituto Universitario de Investigación del Automóvil Francisco Aparicio Izquierdo (INSIA) de la UPM
- **Dr. José M<sup>a</sup> López Martínez**  
Catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid  
Director del Instituto Universitario de Investigación del Automóvil Francisco Aparicio Izquierdo (INSIA) de la UPM
- **Ing. Juan Pedro Carriquiry** (Unidad Temática 2: Características de las baterías)  
Docente del Instituto de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República.
- **Ing. Federico Arismendi** (Unidad Temática 2: Características de los motores eléctricos)  
Docente del Instituto de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República.

*Profesor Responsable Local: Dr. Ing. Mario Vignolo*

Docente Gr.5, Instituto de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República.

## FECHA:

- **Del 3 al 7 de octubre de 2022.**

## LUGAR:

- **Modo híbrido**
  - **Formato virtual vía Zoom**
  - **Presencialmente en Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República.**  
Av. Julio Herrera y Reissig 565, 11300 Montevideo, Uruguay  
Tel. (+598) 2714-2714 - Fax 2711.5446  
**Contacto:** *María Misa* – [mmisa@fing.edu.uy](mailto:mmisa@fing.edu.uy)