

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

*Edición 2025*

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

*Montevideo - Uruguay*



## 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. Asimismo, se busca introducir al estudiante en aspectos relacionados con los sistemas de recarga para vehículos híbridos y eléctricos, así como también en lo relacionado con los mercados de energía eléctrica vinculados con la movilidad eléctrica.

## DESCRIPCIÓN DEL CURSO

La industria del automóvil hace frente actualmente 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 puede 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 una solución factible 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 mediano-largo plazo como sistema a incorporar en la planta propulsora del vehículo buscando mejoras relacionadas con la autonomía e impacto medioambiental.

Dado lo anterior, el presente 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. Del mismo modo, se introducen en aspectos relacionados con los sistemas de recarga para vehículos híbridos y eléctricos, así como también lo relacionado con los mercados de energía eléctrica vinculados con la movilidad eléctrica.

## TEMARIO DEL CURSO

El temario del curso lo configuran 14 temas, agrupados en 9 capítulos, según se recoge en la siguiente tabla:

CAPÍTULO	TEMA
<b>1:</b> Introducción	<b>T1.-</b> Introducción a la propulsión del automóvil
<b>2:</b> Componentes de los sistemas de propulsión	<b>T2.-</b> Características de las baterías
	<b>T3.-</b> Características de los motores eléctricos
	<b>T4.-</b> Configuración y dimensionamiento en vehículos eléctricos
<b>3:</b> Vehículos eléctricos	
<b>4:</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>T9.-</b> Vehículos enchufables
<b>5:</b> Vehículos a hidrógeno	<b>T10.-</b> Vehículos con pila de combustible y motor térmico a hidrógeno
<b>6:</b> Simulación vehicular	<b>T11.-</b> Simulación de vehículos híbridos y eléctricos
<b>7:</b> Comunicación vehicular	<b>T12.-</b> Introducción al sistema de comunicación CAN en vehículos híbridos y eléctricos
<b>8:</b> Infraestructura de recarga	<b>T13.-</b> Infraestructura de recarga para vehículos eléctricos
<b>9:</b> Mercados de energía eléctrica para electromovilidad	<b>T14.-</b> Mercados de energía eléctrica para la recarga de vehículos eléctricos

## CONTENIDO:

<b>CAPÍTULO 1: Introducción</b>	
<b>TEMA</b>	<b>APARTADOS</b>
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

<b>CAPÍTULO 2: Componentes de los sistemas de propulsión</b>	
<b>TEMA</b>	<b>APARTADOS</b>
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 y energía específicas. 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>CAPÍTULO 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>CAPÍTULO 3: Vehículos eléctricos.</b>	
<b>TEMA</b>	<b>APARTADOS</b>
4.- Configuración y dimensionamiento en 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>CAPÍTULO 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>CAPÍTULO 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>CAPÍTULO 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>CAPÍTULO 4: Vehículos híbridos</b>	
<b>TEMA</b>	<b>APARTADOS</b>
8.- Configuración serie-paralelo	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Análisis del acoplamiento de velocidad.</li> <li>2. Configuración del tren propulsor.</li> <li>3. Control del tren propulsor.</li> <li>4. Estrategias de control.</li> <li>5. Diseño de los componentes del tren propulsor.</li> </ol>

<b>CAPÍTULO 4: Vehículos híbridos</b>	
<b>TEMA</b>	<b>APARTADOS</b>
9.- Vehículos enchufables	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Modos de funcionamiento.</li> <li>2. Estrategias de control.</li> <li>3. Diseño de los componentes del tren propulsor.</li> </ol>

<b>CAPÍTULO 5: Vehículos a hidrógeno</b>	
<b>TEMA</b>	<b>APARTADOS</b>
10.- Vehículos con pila de combustible	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rendimiento de una pila de combustible.</li> <li>2. Consumo de oxidante y combustible en una pila de combustible.</li> <li>3. Características del sistema de pila de combustible.</li> <li>4. Almacenamiento y seguridad del hidrógeno.</li> <li>5. Sistemas híbridos de pila de combustible y baterías.</li> <li>6. Configuración del tren propulsor.</li> <li>7. Potencia del motor eléctrico, potencia de la pila de combustible, potencia y energía de la batería.</li> <li>8. Vehículos a hidrógeno equipados con motor térmico</li> </ol>

<b>CAPÍTULO 6: Simulación vehicular</b>	
<b>TEMA</b>	<b>APARTADOS</b>
11.- Simulación vehicular en vehículos híbridos y eléctricos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Software para la simulación</li> <li>2. Definición de bloques</li> <li>3. Ciclos de conducción</li> <li>4. Resultados obtenibles</li> </ol>

### CAPÍTULO 7: Comunicación vehicular

TEMA	APARTADOS
12.- Introducción a redes de comunicación en vehículos híbridos y eléctricos	1.Unidades de Control Electrónico (ECU) 2.Redes de comunicación interna 3.Protocolo de comunicación CAN 4.Análisis de señales vehiculares

### CAPÍTULO 8: Infraestructura de recarga

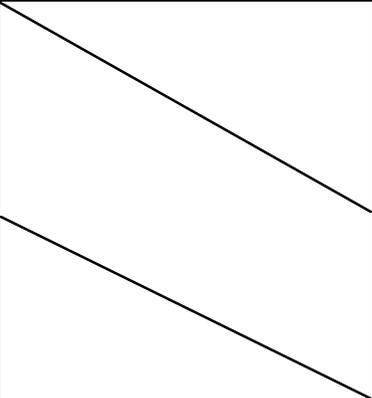
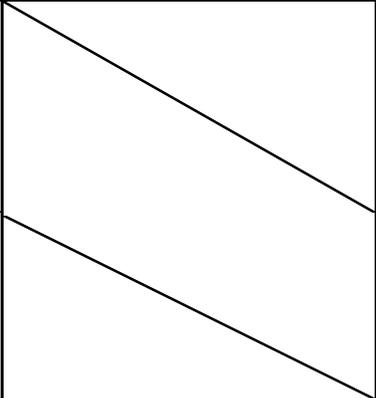
TEMA	APARTADOS
13.- Infraestructura de recarga para vehículos eléctricos	1.Sistema de Alimentación de vehículos eléctricos (EVSE) 2.Redes eléctricas de recarga 3.Potencias y estándares disponibles

### CAPÍTULO 9: Mercados de energía eléctrica para la electromovilidad

TEMA	APARTADOS
14.- Mercados de energía eléctrica para vehículos eléctricos	1.Esquemas tarifarios 2.Modelos de negocios

**DESARROLLO SEMANAL (hora local Uruguay, GMT-3)**

<b>Horario</b>	<b>LUNES 2 de junio (Salón xx)</b>	<b>MARTES 3 de junio (Salón)</b>	<b>MIÉRCOLES 4 de junio (Salón)</b>	<b>JUEVES 5 de junio (Salón)</b>	<b>VIERNES 6 de junio (Salón xxx)</b>
<b>9:00 a 11:00</b>	<b>El automóvil y la movilidad</b>  (F. Aparicio)	<b>Fundamentos de la propulsión: Parte I</b>  (F. Aparicio)	<b>Fundamentos de la propulsión: Parte II</b>  (F. Aparicio)	<b>Híbrido paralelo</b>  (J. M. López)	<b>Vehículos enchufables</b>  (J. M. López)
<b>11:30 a 13:30</b>	<b>Motores eléctricos</b>  (F. Arismendi)	<b>Vehículos eléctricos: Parte II</b>  (J. M. López)	<b>Baterías: Parte I</b>  (E. Téliz)	<b>Baterías: Parte II</b>  (E. Téliz)	<b>Hidrógeno y pila de combustible</b>  (J. M. López)
<b>15:00 a 17:00</b>	<b>Vehículos eléctricos: Parte I</b>  (J. M. López)	<b>Hibridación del tren propulsor</b>  (J. M. López)	<b>Híbrido serie</b>  (J. M. López)	<b>Híbrido serie-paralelo</b>  (J. M. López)	<b>Vehículos con pila de combustible</b>  (J. M. López)

Horario	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
	9 de junio	10 de junio	11 de junio	12 de junio	13 de junio
9:00 a 11:00	<b>Infraestructura de recarga I</b>  (F. Arismendi)	<b>Mercados de Energía Eléctrica aplicado a electromovilidad</b>  (M. Vignolo)	<b>BMS y sistemas de control en vehículos eléctricos</b>  (J. Carriquiry)		
11:30 a 13:30	<b>Infraestructura de recarga II</b>  (F. Arismendi)	<b>Modelado de vehículos electrificados</b>  (S. Martínez)	<b>Vehículos a hidrógeno con motores térmicos</b>  (S. Martínez)		

## 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.
- *Ehsani, M., Gao, Y., & Emadi, A. (2010). Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles: Fundamentals, Theory, and Design, Second Edition (2nd ed.).* CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420054002>

## PROFESORADO:

- **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
- **Dr. Francisco Aparicio Izquierdo**  
Profesor Emérito de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM),  
Presidente del Instituto Universitario de Investigación del Automóvil Francisco Aparicio Izquierdo (INSIA) de la UPM.
- **MSc. Ing. Juan Pedro Carriquiry**  
Docente Gr. 3 del Instituto de Ingeniería Eléctrica (IIE) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República.
- **Dra. Érika Téliz**  
Docente Gr. 3 del Instituto de Ingeniería Química (IIQ) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República.
- **Ing. Federico Arismendi**  
Docente Gr. 2 del Instituto de Ingeniería Eléctrica (IIE) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República.
- **Dr. Ing. Santiago Martínez**  
Docente Gr. 3 del Instituto de Ingeniería Mecánica y Producción Industrial (IIMPI) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República.

*Responsable local:* **Dr. Ing. Mario Vignolo**

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

### FECHA y HORA:

- Del 2 al 13 de junio de 2025, de 09:30 a 17:00 hs., hora local Uruguay (GMT-3).

### LUGAR:

- **Modalidad presencial**
  - **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
  - Formato virtual vía Zoom, sujeto a aprobación previa.

### WEB DEL CURSO:

- [VHE&H | FING](#)
- **Por consultas sobre inscripciones y aranceles, contacto:**  
*María Misa* – [mmisa@fing.edu.uy](mailto:mmisa@fing.edu.uy)

### EVALUACIONES:

- **Online a través de plataforma EVA, luego de finalizado el curso. Fecha a definir.**