



# Guía para el profesor

Sistemas de Potencia Automotriz  
LSMN6007 / LTMN2106



## Índice

Información general del curso .....	1
Metodología.....	2
Evaluación .....	3
Bibliografía .....	5
Tips importantes .....	6
Temario .....	7
Notas de enseñanza.....	9
Evidencia .....	13

## Información general del curso

### Modalidades

- Clave banner: LSMN6007 / LTMN2106
- Modalidad: Profesional

### Competencia del curso

Estima y evalúa prestaciones básicas de un automóvil, entre las que se encuentran aceleración, aerodinámica, resistencia de rodamiento, propulsión eléctrica y consumo de combustible.





## Metodología

Un certificado es un programa académico breve que consta de varios cursos, cuyos contenidos se elaboran con base en experiencias laborales y tiene como objetivo desarrollar competencias específicas en el estudiante, preparándolo para desempeñarse correctamente en un empleo.

Cada certificado está compuesto por tres o cuatro cursos, siendo el último el desarrollo de un proyecto o taller en el que se demuestra el logro de la competencia global establecida.

Un curso se divide en módulos y cada módulo se divide en temas. En los temas se encontrará lo siguiente:

- **Explicación** que consiste en un conjunto de conceptos teóricos y ejemplos reales de la vida laboral que ayudarán a ampliar el conocimiento.
- **Recursos educativos** conformados por una selección de lecturas y videos disponibles en sitios Web que han sido debidamente curados por expertos y sirven como complemento de las explicaciones.
- **Actividades de aprendizaje**, cuyo propósito es aplicar y experimentar con los conceptos estudiados.
- **Evidencias** que consisten en actividades que engloban las habilidades de todo el curso, y cuya función principal es demostrar que se ha alcanzado la competencia general del curso.

Los resultados de cada actividad o evidencia se deben enviar a través de la plataforma educativa y se evaluarán según los criterios o rúbrica que se indique.

### Importante

Guarda una copia digital de todos los trabajos, actividades y evidencias que realices en tus cursos, pues estos archivos serán indispensables para poder realizar tu Proyecto Integrador (última materia del certificado). Con ellos formarás un portafolio personal de proyectos que será de mucha utilidad para organizar de manera estratégica el gran volumen de experiencias y aprendizajes obtenidos a lo largo de tu carrera; además, tu portafolio será un medio para enriquecer tu proyección profesional y demostrar todos tus conocimientos y habilidades, lo que permitirá exhibir tus logros ante posibles empleadores.

**Asegúrate de respaldar todos tus documentos en un dispositivo de almacenamiento físico, así como en algún servicio de nube (OneDrive, Google Drive, iCloud).**



## Evaluación

De acuerdo con el programa, el certificado se evaluará de la siguiente manera:

No.	Nombre de la actividad	Semana	Ponderación
1	Actividad 1	Semana 1	4
2	Actividad 2	Semana 2	4
3	Actividad 3	Semana 3	4
4	Actividad 4	Semana 4	4
5	Actividad 5	Semana 5	4
6	Actividad 6	Semana 6	4
7	Actividad 7	Semana 7	4
8	Actividad 8	Semana 8	4
9	Avance evidencia 1	Semana 9	5
10	Actividad 9	Semana 10	4
11	Actividad 10	Semana 11	4
12	Actividad 11	Semana 12	4
13	Actividad 12	Semana 13	4

14	Actividad 13	Semana 14	4
15	Actividad 14	Semana 15	4
16	Actividad 15	Semana 16	4
	Evidencia final	Semana 16	35
	Total		100 puntos



## Bibliografía

### Libro de texto

- Wong, J. (2022). *Theory of Ground Vehicles* (5a ed.). Estados Unidos: Wiley.

### Libros de apoyo

- Denton, T. (2016). *Sistemas mecánico y eléctrico del automóvil -Tecnología automotriz: Mantenimiento y reparación del vehículo*. México: Alfaomega.
- Husain, I. (2021). *Electric and Hybrid Vehicles* (3ª ed.). Estados Unidos: CRC Press.
- Zoepf, J., y Enge, P. (2023). *Electric Vehicle Engineering*. México: McGraw-Hill.





## Tips importantes

### 1. Explica las ecuaciones de cuerpo libre:

Mediante la aplicación de la segunda ley de Newton, explica cómo la masa y la aceleración afectan a la generación de movimiento de un vehículo, y cómo las fuerzas que se oponen a dicho movimiento tienen un signo opuesto.

### 2. Fomenta la participación:

Promueve que los estudiantes se integren a la resolución de problemas mostrados en clase, opinando sobre el procedimiento, cálculos y despejes de fórmulas.

### 3. Muestra ejemplos complementarios:

Además de los ejemplos provistos por la plataforma, se muestran ejercicios que presentan un menor grado de dificultad, con la finalidad de aclarar dudas en los conocimientos básicos requeridos en los temas.

### 4. Proporciona retroalimentación constante y constructiva:

Al evaluar actividades y avances de evidencia, enfatiza los puntos fuertes y áreas de mejora. Enfatiza la relevancia de la precisión y análisis en la práctica profesional.



## Temario

<b>Módulo 1</b>		
<b>Tema 1.</b>	<b>Estimación del centro de gravedad y obtención de datos técnicos de un vehículo</b>	
	1.1	Ubicación longitudinal del centro de gravedad
	1.2	Altura del centro de gravedad
	1.3	Bases de datos técnicos de un vehículo
	1.4	Aplicaciones
<b>Tema 2.</b>	<b>Resistencia aerodinámica</b>	
	2.1	Fuerza tractiva y torque
	2.2	Potencia
	2.3	Trabajo y energía
<b>Tema 3.</b>	<b>Resistencia al rodamiento</b>	
	3.1	Histéresis como mecanismo de generación de fuerzas en las llantas
	3.2	Fuerza y torque para vencer resistencia al rodamiento
	3.3	Potencia y energía
<b>Tema 4.</b>	<b>Efectos de gravedad: inclinación</b>	
	4.1	Ecuaciones de movimiento
	4.2	Ejemplos y aplicaciones
<b>Tema 5.</b>	<b>Efectos de inercia</b>	
	5.1	Ecuaciones de movimiento y diagrama de cuerpo libre
	5.2	Efectos inerciales de elementos rotacionales
	5.3	Ejemplos y aplicaciones
<b>Módulo 2</b>		
<b>Tema 6.</b>	<b>Velocidad de crucero</b>	
	6.1	Ecuaciones de movimiento
	6.2	Ejemplos y aplicaciones
<b>Tema 7.</b>	<b>Fuerza tractiva a máxima aceleración</b>	
	7.1	Ecuaciones de movimiento y diagrama de cuerpo libre
	7.2	Ejemplos y aplicaciones
<b>Tema 8.</b>	<b>Desaceleración libre</b>	
	8.1	Ecuaciones de movimiento y diagrama de cuerpo libre
	8.2	Ejemplos y aplicaciones

<b>Tema 9.</b>	<b>Aceleración con motor eléctrico</b>	
	9.1	Ecuaciones de movimiento y diagrama de cuerpo libre
	9.2	Resistencia aerodinámica y de rodamiento
	9.3	Ejemplos y aplicaciones
<b>Tema 10.</b>	<b>Subidas considerando motor eléctrico</b>	
	10.1	Ecuaciones de movimiento y diagrama de cuerpo libre
	10.2	Ejemplos y aplicaciones
<b>Módulo 3</b>		
<b>Tema 11.</b>	<b>Velocidad promedio y aceleración en un ciclo de manejo</b>	
	11.1	Ecuaciones de movimiento y diagrama de cuerpo libre
	11.2	Modos de operación
	11.3	Ejemplos y aplicaciones
<b>Tema 12.</b>	<b>Detección de modos de operar y <i>coasting</i></b>	
	12.1	Ecuaciones de movimiento y diagrama de cuerpo libre
	12.2	Pasos para la obtención de modos y <i>coasting</i>
	12.3	Ejemplos y aplicaciones
<b>Tema 13.</b>	<b>Resistencia aerodinámica, rodamiento y efectos inerciales en ciclos de manejo</b>	
	13.1	Ecuaciones de movimiento y diagrama de cuerpo libre
	13.2	Ecuación iterativa
	13.3	Ejemplos y aplicaciones
<b>Tema 14.</b>	<b>Energía y fuerza tractiva promedio</b>	
	14.1	Ecuaciones de movimiento y diagrama de cuerpo libre
	14.2	Caso 1: No recuperación de energía
	14.3	Caso 2: Recuperación de energía
<b>Tema 15.</b>	<b>Cálculo energético</b>	
	15.1	Antecedentes de ciclos de manejo
	15.2	Cálculo energético
	15.3	Cálculo de costos energéticos



## Notas de enseñanza

### Tema 1 Estimación del centro de gravedad y obtención de datos técnicos de un vehículo

#### Notas para la enseñanza del tema:

- Para la comprensión del ejemplo y ejercicios del tema 1, se recomienda explicar de forma clara y puntual la elaboración de diagramas de cuerpo libre.
- Es importante explicar los fenómenos físicos de fuerza que afectan al vehículo.
- Ejemplificar a los estudiantes el efecto que tiene el centro de gravedad en un vehículo en las curvas y pendientes en la conducción.
- Explicar cómo se realiza la lectura de especificaciones de un vehículo.

### Tema 2 Resistencia aerodinámica

#### Notas para la enseñanza del tema:

- Explicar el torque de un vehículo respecto al diámetro de la llanta.
- Realizar la explicación de potencia en términos energéticos de un automóvil.
- Resolver el ejercicio en clase explicando a los estudiantes cada paso del procedimiento.
- Mediante un ejemplo con un modelo de vehículo específico, detallar el efecto que tiene la resistencia aerodinámica en el avance y aceleración automotriz.

### Tema 3 Resistencia aerodinámica

#### Notas para la enseñanza del tema:

- Explicar las fuerzas restrictivas del avance de un vehículo.
- Se sugiere ejemplificar el efecto de histéresis de una llanta con un caso real.
- Explicar la construcción de un neumático y su estructura interna para un mejor entendimiento del tema.
- Realizar los ejemplos en una hoja de cálculo durante la clase, con el fin de que los estudiantes comprendan el procedimiento de cálculo.
- Para el desarrollo de las actividades, enfatizar las medidas de seguridad, elegir un sitio seguro y controlado, anteponiendo siempre la seguridad de los estudiantes. También se sugiere que la actividad se realice con anticipación a la entrega.

### Tema 4 Efectos de gravedad: inclinación

#### Notas para la enseñanza del tema:

- Explicar el efecto del ángulo de inclinación en las componentes de fuerza del sistema inclinado.
- Para un mejor entendimiento del efecto de la inclinación, se requiere enfatizar que las llantas traseras tienen el mayor peso en un plano inclinado ascendente.
- Se recomienda hacer los cálculos de nuevo en clase para que el estudiante pueda comprender el procedimiento expuesto en el curso.
- Para el desarrollo de la actividad es importante orientar al estudiante en cada punto redactado.

## Tema 5 Efectos de inercia

### Notas para la enseñanza del tema:

- Se recomienda realizar el ejercicio explicado en clase con un modelo de automóvil diferente para que el estudiante comprenda el procedimiento de cálculo.
- Explicar el efecto de cada una de las fuerzas, tanto restrictivas como de avance en un vehículo, para que el estudiante comprenda el origen de las fórmulas.
- Para la actividad que requiere Arduino, orientar a los estudiantes sobre la construcción del prototipo; se recomienda estandarizar el diseño para todos los equipos, a fin de garantizar el funcionamiento de la práctica.

## Tema 6 Velocidad de crucero

### Notas para la enseñanza del tema:

- Explicar cómo se configura el control crucero en los automóviles modernos.
- Realizar el ejemplo de velocidad crucero con el modelo de otro automóvil.
- Se recomienda la solución del ejercicio mediante el uso de una hoja de cálculo, explicando al estudiante paso a paso el uso de cada fórmula.
- Recomendar a los estudiantes diferentes formas de implementar el modelo de control de velocidades al motor de corriente directa.

## Tema 7 Fuerza tractiva a máxima aceleración

### Notas para la enseñanza del tema:

- Analizar las especificaciones del vehículo seleccionado.
- Realizar el ejemplo en clase explicando al estudiante cada paso.
- Como sugerencia, realizar el ejemplo en una hoja de cálculo.
- Analizar las fórmulas utilizadas indicando que las fuerzas restrictivas son igual a la masa por la aceleración del vehículo.
- Brindar a los estudiantes ideas para la elección del carro de juguete que se utilizará en la actividad. Los estudiantes también pueden realizar la impresión 3D del vehículo.

## Tema 8 Desaceleración libre

**Notas para la enseñanza del tema:**

- Realizar previo al tema, un recordatorio de las fuerzas restrictivas al avance del vehículo y la fuerza de resistencia aerodinámica del vehículo seleccionado.
- Explicar cómo se realizan las gráficas demostrativas del tema y qué variables se emplean para su elaboración.
- Explicar el ejercicio mostrado en el tema durante la clase, asegurándose de elaborarlo paso a paso.
- Para la solución del ejemplo mostrado en clase, se recomienda el uso de tablas de cálculo como Excel.
- En la actividad, seleccionar una superficie libre de imperfecciones para facilitar el desplazamiento del vehículo.

**Tema 9** Aceleración con motor eléctrico**Notas para la enseñanza del tema:**

- El ejemplo mostrado en este tema es extenso, por lo que se recomienda explicarlo en al menos dos sesiones.
- Analizar las especificaciones del vehículo seleccionado de acuerdo con las variables indicadas en el tema.
- Mostrar el ejemplo en una hoja de cálculo y explicar el uso de las fórmulas.
- Previo a la actividad 9, indicar al estudiante las fórmulas posibles que pueden ser utilizadas.

**Tema 10** Subidas considerando motor eléctrico**Notas para la enseñanza del tema:**

- Analizar las especificaciones del vehículo seleccionado, de acuerdo con las variables indicadas en el tema.
- Analizar y explicar en clase la teoría que se tiene para la obtención de las fórmulas, considerando como base las variables del automóvil.
- Explicar la lectura y variables utilizadas en las especificaciones del motor eléctrico seleccionado en el ejercicio del tema.
- Para la actividad 10, es recomendable realizar la explicación de cada punto que conforma la actividad, así como el uso de las variables del motor eléctrico.

**Tema 11** Velocidad promedio y aceleración en un ciclo de manejo**Notas para la enseñanza del tema:**

- Asegurarse de comenzar con un recordatorio sobre conceptos de velocidad y aceleración.
- Enfatizar el tipo de unidades de medición utilizadas en las fórmulas.
- Realizar ejercicios de conversión de km/h a m/s.
- Elaborar ejercicios en los que se calcule la distancia recorrida en un tiempo determinado en velocidad constante y promedio.
- Realizar el cálculo de variables utilizando hojas de cálculo y explicar a los estudiantes cada una de la interpretación de las variables.

## Tema 12 Detección de modos de operar y *coasting*

### Notas para la enseñanza del tema:

- Explicar a los estudiantes en qué consiste el *coasting* y cómo se interpreta en una conducción real de un vehículo.
- Hay que indicar que el *coasting* es afectado por las características físicas de cada vehículo y que en cada modelo es diferente, debido a la construcción del automóvil.
- Realizar el cálculo de variables utilizando hojas de cálculo y explicar a los estudiantes su interpretación.

## Tema 13 Resistencia aerodinámica, rodamiento y efectos inerciales en ciclos de manejo

### Notas para la enseñanza del tema:

- Previo a la explicación del tema, se recomienda realizar una recopilación de los conceptos de resistencia aerodinámica, rodamiento y efectos inerciales.
- Explicar a los estudiantes las etapas del ciclo de manejo y cómo en un caso real ocurren a lo largo del tiempo de conducción.
- Hay que aclarar que en la fórmula se ocupan las fuerzas que aportan al frenado del vehículo y, por lo tanto, tienen signo negativo.
- Realizar el cálculo de variables utilizando hojas de cálculo y explicar a los estudiantes su interpretación.
- Brindar la hoja de cálculo realizada en clase como guía para la solución de la actividad por parte del estudiante.

## Tema 14 Energía y fuerza tractiva promedio

### Notas para la enseñanza del tema:

- Realizar un repaso a los estudiantes sobre las fórmulas de potencia, de acuerdo con el trabajo realizado en un tiempo determinado.
- Elaborar los ejemplos mostrados en clase utilizando una hoja de cálculo.
- Explicar de forma detallada cada uno de los pasos de la elaboración de los ejemplos mostrados en el tema.
- Explicar a los estudiantes el planteamiento de la actividad, así como los requerimientos de esta; realizar sugerencias de solución y establecer un tiempo para aclarar dudas.

## Tema 15 Cálculo energético

### Notas para la enseñanza del tema:

- Se recomienda explicar a los estudiantes el proceso de descarga de baterías.
- Explicar el significado de kilowatt hora.
- Determinar los costos energéticos actuales, de acuerdo con lo establecido por la compañía de luz.

- Hay que enfatizar que se deben de utilizar los datos recientes sobre el costo del kilowatt y combustible para los cálculos energéticos.
- Desarrollar un ejemplo explicativo para aclarar dudas de los estudiantes respecto al tema.



## Evidencia

En el desarrollo de la materia Sistemas de Potencia Automotriz, los estudiantes realizarán la investigación de parámetros de un vehículo seleccionado, con la finalidad de realizar los cálculos de rendimiento energético bajo un caso determinado de manejo.

**Objetivo general:**

Calcular los parámetros básicos de un automóvil utilizando una configuración de un tren motriz eléctrico con un ciclo de manejo estándar para determinar el consumo de energía total.

**Avance 1 de evidencia**

**Descripción:**

Los estudiantes utilizarán una configuración de un tren motriz eléctrico con un ciclo de manejo estándar para determinar el consumo de energía total a través de la estimación de los parámetros básicos.

**Objetivo:**

Calcular los parámetros básicos de un automóvil utilizando una configuración de un tren motriz eléctrico con un ciclo de manejo estándar para determinar la pendiente máxima que puede subir el vehículo.

**Requerimientos:**

Datos del automóvil seleccionado para el desarrollo de la evidencia.

- Peso del vehículo en vacío (kerb).
- Distribución de peso frontal/trasera.
- Peso del vehículo con carga de dos pasajeros (puedes suponer 75 kg por pasajero).
- Distancia entre ejes (wheelbase).
- Altura del vehículo (del piso al techo).
- Torque máximo del motor (Nm @ rpm).
- Potencia máxima del motor (kW @ rpm).
- Reducción en primera velocidad.
- Reducción en segunda velocidad.
- Reducción en tercera velocidad.
- Reducción en cuarta velocidad
- Reducción final del diferencial.
- Tamaño de llantas.
- Área frontal proyectada.
- Ciclo de manejo FTP-5.

- Excel u hoja de cálculo.

### Desarrollo:

Con los datos del vehículo seleccionado realiza lo siguiente:

Indica cuál sería la máxima pendiente que el vehículo puede subir con el tipo de llantas proporcionado. Se entiende que el vehículo es de tracción delantera.

Ahora asume que el vehículo es tracción trasera e indica cuál sería la máxima pendiente que este puede remontar. Si el vehículo fuera de tracción en cuatro ruedas (AWD), indica cuál sería la máxima pendiente con el tipo de llantas proporcionado.

Otra limitante que debe considerarse es la capacidad del motor. Indica cuál sería la pendiente máxima que el vehículo podría subir a baja velocidad, suponiendo que la única restricción es el torque del motor e ignorando los efectos aerodinámicos y de rodamiento.

Nota: Considera una eficiencia del motor de 85 %.

## Evidencia final

### Descripción:

Los estudiantes continuarán con los datos utilizados y obtenidos en el avance 1 de evidencia. Utilizarán la configuración de un tren motriz eléctrico con un ciclo de manejo estándar, para determinar el consumo de energía total a través de la estimación de los parámetros básicos.

### Objetivo:

Calcular los parámetros básicos de un automóvil, utilizando una configuración de un tren motriz eléctrico con un ciclo de manejo estándar, para determinar el consumo de energía total.

### Requerimientos:

Datos del automóvil seleccionado para el desarrollo de la evidencia.

- Peso del vehículo en vacío (kerb).
- Distribución de peso frontal/trasera.
- Peso del vehículo con carga de dos pasajeros (puedes suponer 75 kg por pasajero).
- Distancia entre ejes (wheelbase).
- Altura del vehículo (del piso al techo).
- Torque máximo del motor (Nm @ rpm).
- Potencia máxima del motor (kW @ rpm).
- Reducción en primera velocidad.
- Reducción en segunda velocidad.

- Reducción en tercera velocidad.
- Reducción en cuarta velocidad
- Reducción final del diferencial.
- Tamaño de llantas.
- Área frontal proyectada.
- Ciclo de manejo FTP-5.
- Excel u hoja de cálculo.

### Desarrollo:

1. Define las velocidades máximas del automóvil compacto elegido en el avance de evidencia para primera, segunda, tercera y cuarta velocidad.
2. Determina el torque máximo en las ruedas en cada velocidad en función del torque máximo del motor, su eficiencia y la relación de engranes, y utilízala para obtener el torque máximo en cada velocidad.
3. Calcula el tiempo máximo en que el vehículo alcanzará una velocidad máxima. de 100 Km/h
4. Realiza una propuesta de configuración para un vehículo eléctrico indicando lo siguiente:
  - a. Tipo de tracción: delantera, trasera, todo tracción.
  - b. Cantidad de motores, así como la relación de reducción para que el vehículo pueda subir una pendiente de 20 grados en asfalto seco a muy baja velocidad.
  - c. Calcula el torque en cada rueda, la velocidad y potencia con la cantidad de motores establecidos.
5. Ahora considera que el automóvil utilizará propulsión eléctrica sin frenado regenerativo y obtén el consumo en kwh y costo de combustible (\$) bajo las mismas consideraciones de recorrido (100 km diarios durante 252 días).
6. Ahora considera que el automóvil utilizará propulsión eléctrica con frenado regenerativo y obtén el consumo en kwh y costo de combustible (\$) bajo las mismas consideraciones de recorrido (100 km diarios durante 252 días).
7. Revisa tu propuesta de configuración eléctrica y reflexiona si es apropiada para considerarla en la rutina de manejo sugerida por FTP-75. Recuerda que en este ciclo de manejo ya no tienes subidas de 20 grados ni exigencia de aceleración máxima, por lo que es factible optimizar tanto la cantidad de motores como la relación de reducción. Si es así sugiere una nueva propuesta de configuración tanto para el caso de FTP-75 sin frenado regenerativo y con frenado regenerativo.

## Entrega final

En el cierre del semestre, los estudiantes realizarán la entrega del documento de la evidencia final, la cual cuenta con dos partes, la primera que es el avance 1 de evidencia y la segunda que es la culminación del proyecto, es decir, la evidencia final.

### Objetivo general:

Calcular los parámetros básicos de un automóvil, utilizando una configuración de un tren motriz eléctrico con un ciclo de manejo estándar, para determinar el consumo de energía total.

### Actividades de la entrega final:

Investigación de los parámetros del vehículo utilizado en el trabajo.

Cálculo de la pendiente máxima que puede subir el vehículo investigado.

Cálculo del torque máximo del motor.

Cálculo del tiempo máximo para alcanzar la velocidad de 100 km/h.

Cálculo del consumo de potencia para un vehículo eléctrico sin frenado regenerativo.

Cálculo del consumo de potencia para un vehículo eléctrico sin frenado regenerativo.

Reflexión y nueva propuesta de configuración tanto para frenado regenerativo y sin frenado regenerativo para el caso FTP-75.

### Entregables:

Deberás entregar el avance 1 con la retroalimentación proporcionada por el impartidor, así como la velocidad máxima para las cuatro velocidades del vehículo, el torque máximo del motor para cada una de las velocidades y el tiempo máximo en alcanzar 100 KM/h, la propuesta de configuración para un vehículo eléctrico, el consumo de energía para diferentes escenarios, reflexión sobre el ciclo de manejo y la propuesta de configuración para el ciclo de manejo con frenado y sin frenado.

