



## Guía docente 820429 - CDIM - Cinemática y Dinámica de Máquinas

Última modificación: 01/03/2023

**Unidad responsable:** Escuela de Ingeniería de Barcelona Este  
**Unidad que imparte:** 712 - EM - Departamento de Ingeniería Mecánica.

**Titulación:** GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA (Plan 2009). (Asignatura obligatoria).

**Curso:** 2022      **Créditos ECTS:** 6.0      **Idiomas:** Castellano

### PROFESORADO

---

**Profesorado responsable:** RAMÓN JEREZ MESA

**Otros:**

Primer quadrimestre:

BÁRBARA ADROVER MONSERRAT - Grup: M11, Grup: M12, Grup: M13, Grup: M14, Grup: M15, Grup: T11, Grup: T12, Grup: T13, Grup: T14

RUBEN ARROYO GONZALEZ - Grup: T11, Grup: T12, Grup: T13

RAMON JEREZ MESA - Grup: M11, Grup: M12, Grup: M13, Grup: M14, Grup: M15, Grup: T11, Grup: T12, Grup: T13, Grup: T14

JESUS MARIA PETREÑAS RANEDO - Grup: M11, Grup: M12, Grup: M13, Grup: M14, Grup: M15, Grup: T14

Segon quadrimestre:

RAMON JEREZ MESA - Grup: M11, Grup: M12, Grup: M13, Grup: M14, Grup: T11, Grup: T12, Grup: T13

JESUS MARIA PETREÑAS RANEDO - Grup: M13, Grup: M14, Grup: T11, Grup: T12, Grup: T13

MOHAMMAD TALHA SHARIF RAFIQUE - Grup: M11, Grup: M12

### CAPACIDADES PREVIAS

---

El alumno ha de ser capaz de realizar el cálculo de:

1. Producto escalar, particularmente para cálculos de fuerza, potencia, trabajo y momentos de fuerza respecto a un eje.
2. Producto vectorial, particularmente para cálculos de momentos (primeros) de fuerza respecto a un punto.
3. Momentos respecto a un punto o respecto de un eje.
4. Sistemas equivalentes (resultante de fuerzas y momentos).
5. Equilibrio en el plano (reacciones en soportes).
6. Centro de gravedad de sólidos.
7. Cálculo de momentos de inercia de masa.

### REQUISITOS

---

Asignatura: DINÁMICA

### COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

---

**Específicas:**

1. Conocimiento de los principios de teoría de máquinas y mecanismos.
- CEMEC-20. Conocimientos y capacidades para el cálculo, diseño y ensayo de máquinas.



**Transversales:**

2. COMUNICACIÓN EFICAZ ORAL Y ESCRITA - Nivel 2: Utilizar estrategias para preparar y llevar a cabo las presentaciones orales y redactar textos y documentos con un contenido coherente, una estructura y un estilo adecuados y un buen nivel ortográfico y gramatical.

## METODOLOGÍAS DOCENTES

En este curso se combinan metodologías distintas:

1. Clases teóricas en las que se presenta el contenido principal de cada tema con la ayuda de powerpoints, fomentando la interactividad con el estudiante mediante preguntas y promoviendo la discusión de aspectos prácticos relacionados con la teoría explicada.
2. Simulación con software de diseño mecánico.
3. Tests de autoevaluación en ATENEA.
4. Prácticas de laboratorio.

Además de las principales metodologías, se puede solicitar al profesor tutorías puntuales a demanda del alumnado para resolver dudas relacionadas con el contenido de la asignatura.

Se espera que los estudiantes consulten de forma autónoma los libros de la bibliografía recomendada.

## OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

1. Conocer el lenguaje y la terminología para el estudio cinemático y dinámico de los mecanismos.
2. Interpretar las relaciones entre la geometría, los movimientos de las piezas y las fuerzas que lo generan.
3. Conocer los parámetros cinemáticos de funcionamiento y diseño de los mecanismos de barras, levas, engranajes, poleas y correas.
4. Aplicar los métodos analíticos y gráficos para realizar el estudio del comportamiento cinemático y dinámico de los eslabones en las máquinas.
5. Determinar y evaluar los resultados de la posición, la velocidad y la aceleración de los elementos de la máquina mediante el análisis cinemático.
6. Determinar y evaluar los resultados de las fuerzas y pares actuantes mediante el análisis estático y dinámico.
7. Utilizar las herramientas de simulación necesarias para evaluar el comportamiento en el ciclo de trabajo.
8. Evaluar los resultados y emitir conclusiones sobre el comportamiento del mecanismo.

## HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas aprendizaje autónomo	90,0	60.00
Horas grupo pequeño	15,0	10.00
Horas grupo grande	45,0	30.00

**Dedicación total:** 150 h

## CONTENIDOS

### Tema 1. Movilidad de mecanismos

**Descripción:**

Este tema se focaliza en los conceptos básicos de mecanismos, tanto en relación a cómo están formados como a las funciones que pueden desarrollar. Se pone énfasis en mecanismos clásicos como herramientas para desarrollar funciones concretas en máquinas, así como en la obtención de nuevos por inversión de las cadenas cinemáticas. Posteriormente, se calcularán los grados de libertad de mecanismos mediante el método de Grübler-Kurtzbach, por inspección directa y por eliminación de grupos de Assur.

**Objetivos específicos:**

1. Conocer la nomenclatura general para definir la construcción de mecanismos y máquinas.
2. Interpretar la movilidad de los elementos de un mecanismo a partir del movimiento de entrada.
3. Reconocer los mecanismos clásicos (cuadrilátero articulado, biela-pistón-manivela, yugo escocés, cruz de malta...) y sus funciones cinemáticas.
4. Definir las funciones de las barras de un cuadrilátero articulado utilizando la ley de Grashof.
5. Calcular los grados de libertad de un mecanismo utilizando distintos métodos.
6. Identificar redundancias en mecanismos.
7. Esquematizar adecuadamente mecanismos siguiendo la norma UNE-EN ISO 3952.

**Actividades vinculadas:**

Práctica 1. Análisis de movilidad de los mecanismos que componen una máquina de coser.  
Test opcional de autoevaluación en ATENEA.  
Ejercicios de clase.

**Competencias relacionadas:**

CEI-13. Conocimiento de los principios de teoría de máquinas y mecanismos.

**Dedicación:** 5h 30m

Grupo grande/Teoría: 1h 30m

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

Aprendizaje autónomo: 2h

## Tema 2. Posición, velocidad y aceleración de la cadenas cinemáticas

### Descripción:

Este tema presenta las herramientas necesarias para poder calcular posiciones de los elementos de un mecanismo durante su movimiento, así como las velocidades y aceleraciones angulares de sus miembros en cualquier instante. Se empezará presentando cómo modelizar analíticamente un mecanismo a través de las ecuaciones de enlace geométricas, que se resolverán para mecanismos singulares (soluciones clásicas del mecanismo de cuadrilátero articulado y biela-manivela) y por resolución numérica por el método de Newton-Raphson. Posteriormente, las ecuaciones de enlace se derivarán para obtener la Jacobiana que rige el movimiento del mecanismo, así como sus ecuaciones cinemáticas. Una segunda derivación permitirá plantear las ecuaciones de aceleración. La resolución de todas ellas permitirá caracterizar la cinemática instantánea de los miembros que forman la máquina analizada.

### Objetivos específicos:

1. Definir un conjunto adecuado de coordenadas generalizadas que definan unívocamente la posición de los elementos d'un mecanismo.
2. Identificar cuáles son las posibles configuraciones de un mecanismo en base a su geometría y construcción.
3. Deducir las ecuaciones de enlace geométricas que representen la posición de un mecanismo en un instante determinado.
4. Derivar las ecuaciones de enlace para calcular velocidades angulares de los eslabones de un mecanismo en movimiento para un cierto instante, obteniendo en el proceso su jacobiana.
5. Encontrar puntos singulares (puntos muertos y bifurcaciones) de un mecanismo a partir de sus ecuaciones cinemáticas.
6. Calcular las aceleraciones angulares instantáneas de los eslabones de un mecanismo derivando sus ecuaciones cinemáticas.

### Actividades vinculadas:

Actividad de trabajo autónomo: "Simulación cinemática y dinámica de un mecanismo plano en movimiento con Solidworks".  
Ejercicios de clase.

### Competencias relacionadas:

CEMEC-20. Conocimientos y capacidades para el cálculo, diseño y ensayo de máquinas.

04 COE N2. COMUNICACIÓN EFICAZ ORAL Y ESCRITA - Nivel 2: Utilizar estrategias para preparar y llevar a cabo las presentaciones orales y redactar textos y documentos con un contenido coherente, una estructura y un estilo adecuados y un buen nivel ortográfico y gramatical.

### Dedicación: 14h

Grupo grande/Teoría: 6h

Aprendizaje autónomo: 8h



### Tema 3. Cinemática de eslabones de mecanismos

#### Descripción:

Una vez calculadas en el tema anterior las velocidades y aceleraciones angulares de los sólidos que forman las cadenas cinemáticas de una máquina, se aborda en este el cálculo de las velocidades y aceleraciones lineales de los puntos que los forman. El foco de estudio serán mecanismos que, tal y como están configurados, permiten el cálculo de las velocidades absolutas respecto a ejes coordenados fijos. Se discutirá primero los diferentes movimientos que pueden tener los eslabones de un mecanismo en función de su campo de velocidades (rotación pura, traslación pura y movimiento general). Posteriormente, se obtendrán las ecuaciones de velocidades lineales de un punto perteneciente a un sólido en el escenario que éste esté en rotación pura y en movimiento general. Por derivación, se obtendrán las ecuaciones de aceleraciones lineales. Las ecuaciones vectoriales obtenidas se plantearán para mecanismos planos. Siguiendo la misma aproximación vectorial, se resolverá también la cinemática del sólido en el caso de que sea conveniente utilizar un sistema de referencia móvil para calcular velocidades y aceleraciones relativas que faciliten el cálculo de las absolutas. Por último, se explicará el método gráfico de los centros instantáneos de rotación y Teorema de Kennedy para facilitar cálculos de velocidades instantáneas de puntos singulares de los miembros del mecanismo.

#### Objetivos específicos:

1. Diferenciar entre velocidad y aceleración angulares de un sólido y las velocidades y aceleraciones lineales que como consecuencia tienen los puntos que los conforman.
2. Identificar el tipo de movimiento que experimenta un sólido en función de su cinemática (movimiento general, traslación pura o rotación pura).
3. Calcular vectorialmente la velocidad y aceleración absolutas de un punto respecto a un sistema de ejes fijos.
4. Particularizar las ecuaciones vectoriales al movimiento de mecanismos planos.
5. Comprender la necesidad de utilizar sistemas de referencia móviles como soporte para el cálculo de velocidades y aceleraciones absolutas en mecanismos que lo requieran para su construcción.
6. Calcular velocidades y aceleraciones absolutas de puntos de un miembro de mecanismo a través de la relativa y de Coriolis.
7. Localizar centros instantáneos de rotación de los elementos de un mecanismo para calcular velocidades instantáneas de sus puntos.

#### Actividades vinculadas:

Actividad de trabajo autónomo: "Simulació cinemàtica i dinàmica d'un mecanisme pla en moviment amb PTC Creo".  
Ejercicios de clase.

#### Competencias relacionadas:

CEMEC-20. Conocimientos y capacidades para el cálculo, diseño y ensayo de máquinas.

04 COE N2. COMUNICACIÓN EFICAZ ORAL Y ESCRITA - Nivel 2: Utilizar estrategias para preparar y llevar a cabo las presentaciones orales y redactar textos y documentos con un contenido coherente, una estructura y un estilo adecuados y un buen nivel ortográfico y gramatical.

#### Dedicación: 25h

Grupo grande/Teoría: 10h

Aprendizaje autónomo: 15h

#### Tema 4. Cinemática de sistemas de transmisión

**Descripción:**

Este tema incluye la cinemática de los principales sistemas de transmisión utilizados en máquinas y mecanismos: levas, engranajes, juntas universales, correas y cadenas. Se particularizarán los cálculos de velocidades y aceleraciones expuestos en los temas anteriores para acometer esta tarea.

**Objetivos específicos:**

1. Comprender cómo se produce la transmisión por leva-seguidor y cómo se define su curva cinemática.
2. Calcular las relaciones de transmisión en trenes de engranajes fijos y epicicloidales, así como en transmisiones por cadenas y correas.
3. Identificar los diferentes elementos geométricos que definen las ruedas dentadas y su condición para que se pueda producir el engrane.
4. Comprender cómo varía la velocidad angular de salida transmitida por una junta Cardan.

**Actividades vinculadas:**

Práctica 2. Construcción del perfil cinemático de levas.

Práctica 3. Análisis cinemático de las velocidades transmitidas por juntas Cardan en función de los ángulos de operación.

Práctica 4. Identificación y metrología de elementos de engranajes.

**Competencias relacionadas:**

CEMEC-20. Conocimientos y capacidades para el cálculo, diseño y ensayo de máquinas.

CEI-13. Conocimiento de los principios de teoría de máquinas y mecanismos.

**Dedicación:** 16h

Grupo grande/Teoría: 3h

Grupo pequeño/Laboratorio: 6h

Aprendizaje autónomo: 7h

#### Tema 5. Fuerzas de interacción entre sólidos

**Descripción:**

Este tema presenta una taxonomía de las diferentes fuerzas que pueden transmitir los sólidos y cómo se tienen en cuenta de cara a la posterior aplicación de métodos vectoriales y de la energía para el cálculo dinámico. Posteriormente, se centra el foco en el análisis de fuerzas a distancia (muelles y amortiguadores), modelos de fricción simples y de fuerzas de enlace transmitidas entre elementos de mecanismos a través de sus pares cinemáticos.

**Objetivos específicos:**

1. Conocer las diferentes fuerzas que pueden actuar sobre los eslabones de mecanismos y cómo se pueden transmitir a sus adyacentes a través de sus pares cinemáticos.
2. Encontrar las ecuaciones diferenciales que representan mecanismos formados por pares de muelle-amortiguador.
3. Plantear el comportamiento dinámico de fuerzas pasivas a través de modelos simples de fricción.

**Actividades vinculadas:**

Ejercicios de clase.

**Competencias relacionadas:**

CEMEC-20. Conocimientos y capacidades para el cálculo, diseño y ensayo de máquinas.

CEI-13. Conocimiento de los principios de teoría de máquinas y mecanismos.

**Dedicación:** 10h

Grupo grande/Teoría: 3h

Aprendizaje autónomo: 7h



## Tema 6. Análisis dinámico por métodos newtonianos

### Descripción:

En este tema se resuelve la dinámica de mecanismos mediante la aplicación de los teoremas de la cantidad de movimiento y del momento cinético, haciendo extensivo el principio de d'Alembert a eslabones de mecanismos ligados y que se transmiten movimiento mutuo para determinar todas las fuerzas y momentos transmitidas entre ellos, así como las reacciones dinámicas con el suelo. Los teoremas serán particularizados para el cálculo de reacciones dinámicas de ejes en rotación.

### Objetivos específicos:

1. Comprender el concepto de fuerzas y momentos inerciales que definen al sistema de fuerzas al que están sometidos los elementos de máquinas.
2. Relacionar los descriptores de la geometría de masas que caracterizan los eslabones de un mecanismo (centros de masa y tensores de inercia) con su comportamiento dinámico.
3. Aplicar el principio de d'Alembert en la resolución de mecanismos en movimiento para obtener las fuerzas transmitidas por los pares cinemáticos y las reacciones con el suelo.
4. Particularizar la aplicación del método para el cálculo de reacciones dinámicas de ejes en rotación.
5. Calcular el momento y fuerza de sacudimiento de una máquina y estudiar diferentes métodos para amortiguarlos.
6. Localizar el centro de percusión de los eslabones de un mecanismo para optimizar su ventaja mecánica.

### Actividades vinculadas:

Actividad de trabajo autónomo: "Simulació cinemàtica i dinàmica d'un mecanisme pla en moviment amb PTC Creo".  
Ejercicios de clase.

### Competencias relacionadas:

CEMEC-20. Conocimientos y capacidades para el cálculo, diseño y ensayo de máquinas.

CEI-13. Conocimiento de los principios de teoría de máquinas y mecanismos.

04 COE N2. COMUNICACIÓN EFICAZ ORAL Y ESCRITA - Nivel 2: Utilizar estrategias para preparar y llevar a cabo las presentaciones orales y redactar textos y documentos con un contenido coherente, una estructura y un estilo adecuados y un buen nivel ortográfico y gramatical.

### Dedicación: 25h

Grupo grande/Teoría: 10h

Aprendizaje autónomo: 15h

## Tema 7. Potencias virtuales y transmisión de potencia

### Descripción:

Los métodos de la energía se presentan en este tema en contraposición a los métodos vectoriales del anterior, como alternativa de resolución para encontrar fuerzas y/o momentos específicos sin resolver la dinámica de todo el mecanismo entendiéndolo como una cadena cinemática que transmite potencia a partir de una de entrada. Concretamente, se presentará el método de las potencias virtuales para obtener pares y fuerzas equilibrantes en mecanismos en movimiento. También se harán cálculos de rendimientos de mecanismos.

### Objetivos específicos:

1. Deducir el principio de las potencias virtuales a partir del principio de d'Alembert para obtener fuerzas y pares equilibrantes de un mecanismo en movimiento.
2. Aplicar dicho método al dimensionamiento y diseño de volantes de inercia.
3. Calcular la ventaja mecánica de un mecanismo.
4. Hacer cálculos de rendimiento en cadenas motor-transmisión-receptor.

### Actividades vinculadas:

Práctica 5. Análisis dinámico de un volante de inercia de una punzonadora.  
Ejercicios de clase.

### Competencias relacionadas:

CEMEC-20. Conocimientos y capacidades para el cálculo, diseño y ensayo de máquinas.  
CEI-13. Conocimiento de los principios de teoría de máquinas y mecanismos.

### Dedicación: 13h 30m

Grupo grande/Teoría: 4h 30m

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

Aprendizaje autónomo: 7h

## Tema 8. Modelización de mecanismos

### Descripción:

En este tema se aborda el modelizado teórico de mecanismos. Concretamente, se trabajará con la sustitución de eslabones por masas puntuales equivalentes para facilitar el cálculo dinámico de mecanismos tal y como se ha visto en los temas anteriores. También se abordará el planteamiento de modelos dinámicos con parámetros concentrados de mecanismos fundamentales estudiados a lo largo de la asignatura para plantear y resolver las ecuaciones diferenciales que rigen su dinámica.

### Objetivos específicos:

1. Calcular la potencia transmitida por máquinas rotativas y su rendimiento.
2. Encontrar el modelo dinámico equivalente de un mecanismo sustituyendo sus eslabones por masas puntuales equivalentes.
3. Modelizar mecanismos simples mediante modelos dinámicos con parámetros concentrados combinando masas, muelles y amortiguadores.

### Actividades vinculadas:

Ejercicios de clase.  
Test de autoevaluación opcional en ATENEA.  
Práctica 6. Introducción a la vibración en máquinas

### Competencias relacionadas:

CEMEC-20. Conocimientos y capacidades para el cálculo, diseño y ensayo de máquinas.  
CEI-13. Conocimiento de los principios de teoría de máquinas y mecanismos.

### Dedicación: 8h

Grupo grande/Teoría: 3h

Aprendizaje autónomo: 5h



## SISTEMA DE CALIFICACIÓN

---

La calificación de la asignatura responde a un sistema de evaluación continua con tres pruebas escritas y la memoria de un trabajo en grupo, con los siguientes pesos relativos:

- >> Examen parcial 1 (bloque I: cinemática): 30%
- >> Examen parcial 2 (bloque II: dinámica): 30%
- >> Ejercicio en grupos de simulación cinemática y dinámica: 35%
- >> Examen de prácticas laboratorio: 5%

La evaluación de la competencia genérica (2º nivel - Comunicación eficaz: Oral y Escrita) se realizará a través de la memoria entregada del ejercicio y una breve exposición que se realizará en clase por parte de cada grupo. Deriva de la calificación parcial del trabajo en grupo referente a este aspecto.

Esta asignatura no tiene examen de reevaluación.

## NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.

---

Las pruebas son individuales.

Solo se pueden resolver utilizando una calculadora y bolígrafo azul o negro.

Se puede comenzar la prueba más tarde de la hora convocada siempre que ningún compañero haya salido de ninguna de las aulas habilitadas para el examen, pero la hora de finalización será la misma que para todos.

## BIBLIOGRAFÍA

---

### Básica:

- Cardona i Foix, Salvador; Clos Costa, Daniel. Teoría de máquinas [en línea]. 2a ed. Barcelona: Edicions UPC, 2008 [Consulta: 21/04/2020]. Disponible a: <http://hdl.handle.net/2099.3/36645>. ISBN 9788498803808.
- Norton, Robert L. Diseño de maquinaria. Síntesis y análisis de máquinas y mecanismos [en línea]. 5a ed. México [etc.]: McGraw-Hill, cop. 2013 [Consulta: 29/04/2020]. Disponible a: [http://www.ingebook.com/ib/NPcd/IB\\_BooksVis?cod\\_primaria=1000187&codigo\\_libro=5701](http://www.ingebook.com/ib/NPcd/IB_BooksVis?cod_primaria=1000187&codigo_libro=5701). ISBN 9781456239770.
- Shigley, Joseph Edward; Uicker, John Joseph. Teoría de máquinas y mecanismos. Auckland: McGraw-Hill, cop. 1980. ISBN 0070568847.
- Beer, Ferdinand Pierre; Mazurek, David F; Johnston, E. Russell; Eisenberg, Elliot R; Murrieta Murrieta, Jesús Elmer; Nagore Cázares, Gabriel. Mecánica vectorial para ingenieros. Dinámica. 10ª ed. México [etc.]: McGraw-Hill, cop. 2013. ISBN 9786071509239.

### Complementaria:

- Beer, Ferdinand Pierre; Mazurek, David F; Johnston, E. Russell; Eisenberg, Elliot R; Murrieta Murrieta, Jesús Elmer; Nagore Cázares, Gabriel. Mecánica vectorial para ingenieros. Estática. 10ª ed. México [etc.]: McGraw-Hill, cop. 2013. ISBN 9786071509253.
- Agulló i Batlle, Joaquim. Mecánica de la partícula y del sólido rígido. 2a ed. rev. y ampl. Barcelona: OK Punt, 2000. ISBN 8492085053.

## RECURSOS

---

### Material audiovisual:

- Módulo. Módulo de simulación de mecanismos de PTC Creo (licencia UPC o estudiante)

### Otros recursos:

- PowerPoints de clase disponibles en ATENEA.
- Material audiovisual en ATENEA.
- Libros de la bibliografía.