

17-18

MÁSTER UNIVERSITARIO EN
INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS
INDUSTRIALES

GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA



DISEÑO AVANZADO DE TRANSMISIONES POR ENGRANAJES

CÓDIGO 28801195



Ámbito: GUJ - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



A934086B6414677CFB22B0FA25570C9C

17-18

DISEÑO AVANZADO DE TRANSMISIONES
POR ENGRANAJES
CÓDIGO 28801195

ÍNDICE

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN
REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA
EQUIPO DOCENTE
HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE
COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE
RESULTADOS DE APRENDIZAJE
CONTENIDOS
METODOLOGÍA
SISTEMA DE EVALUACIÓN
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA
RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA



Nombre de la asignatura	DISEÑO AVANZADO DE TRANSMISIONES POR ENGRANAJES
Código	28801195
Curso académico	2017/2018
Títulos en que se imparte	MÁSTER UNIVERSITARIO EN INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
Tipo	CONTENIDOS
Nº ETCS	4,5
Horas	112.5
Periodo	SEMESTRE 2
Idiomas en que se imparte	CASTELLANO

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

Los engranajes cilíndricos, rectos y helicoidales, de perfil de evolvente son, con total seguridad, los elementos de transmisión de potencia entre ejes paralelos más utilizados en la práctica industrial. Y por esta razón, han sido siempre objeto de estudio, tanto para la mejora de los procesos de generación de los dientes como para la evaluación de la capacidad de carga –o potencia transmisible– en condiciones de operación. Resultado de ello, es un elevado grado de desarrollo de la normativa internacional de diseño de engranajes (ISO y AGMA, principalmente), que permite predecir con notable precisión el comportamiento de las dentaduras. A pesar de ello, todas estas normas son objeto en la actualidad de permanente revisión, en busca de modelos cada vez más precisos, que permitan ajustar el diseño a los requerimientos establecidos, con la mayor reducción de costes posible, pero manteniendo los niveles de fiabilidad.

Esta búsqueda incesante de mejoras está llevando a considerar determinados tipos de transmisiones que, aunque conocidos desde hace tiempo, no han sido objeto de particular atención en el pasado; en unas ocasiones por no haberse suscitado la necesidad, en otras porque los inconvenientes que presentaban parecían superar las ventajas que proporcionaban.

El caso tal vez más llamativo sea el de las transmisiones por piñón y corona de dentado interior. Ciertamente, son engranajes que se han utilizado asiduamente; sin embargo, su finalidad ha venido siendo más bien la transmisión de movimiento, y no tanto la transmisión de potencia, como se empieza a demandar en la actualidad. Resultado de ello es, por ejemplo, que la mencionada normativa internacional de cálculo de la capacidad de carga, no contempla este tipo de transmisiones, o no la desarrolla con la suficiente profundidad.

Otro caso destacable es el de los engranajes con interferencia de tallado, también llamados engranajes con penetración. Se trata de dentaduras en las que, durante el proceso de tallado, se produce una eliminación de material en la parte del perfil activo en la base del diente, que obviamente lo debilita e incluso puede llegar a acortar el camino de contacto de la transmisión. Es muy conocido que la interferencia de tallado es fácil de evitar en la fase de diseño (por ejemplo, aumentando el número de dientes, el ángulo de hélice o el desplazamiento de herramienta, entre otras posibilidades), de manera que si es un fenómeno dañino y fácil de evitar, la recomendación ha sido siempre, como parece razonable, que se evite, razón por la cual este tipo de dentaduras tampoco se encuentra recogido en las normas de diseño internacionales, mencionadas más arriba. Sin embargo, se



sabe también que existen determinadas posibilidades en el diseño que permiten aumentar el grado de recubrimiento (que representa el número medio de dientes en contacto) pero aumentan la penetración. El caso más claro es la reducción del ángulo de presión de tallado. De esta forma, el diente puede debilitarse en su base, pero si la carga se reparte entre más dientes, la capacidad de carga puede, en determinados casos, aumentar.

Finalmente, empiezan a cobrar interés las transmisiones con alto grado de recubrimiento transversal. Se trata de engranajes en los que el grado de recubrimiento transversal es mayor que 2, de manera que, en cada sección transversal, existen al menos dos dientes en contacto simultáneo. No habían sido objeto de especial atención hasta la actualidad por el hecho de que se requería un procedimiento de fabricación extremadamente preciso que asegurara el contacto simultáneo de tres parejas de dientes; pero es un hecho que estos niveles de precisión están ampliamente garantizados con los modernos procesos de generación. En este caso, la norma ISO 6336 proporciona algunas orientaciones para el cálculo de la capacidad de carga (no así AGMA, que establece expresamente que sus métodos de cálculo no son aplicables a este tipo de engranajes), pero se basan en un modelo de cálculo resistente incompleto, muy débilmente justificado y en exceso conservador, lo que unido a las condiciones de diseño cada vez más restrictivas y a la creciente competitividad de los mercados, la hacen inservible en la práctica.

Esta asignatura de *Diseño Avanzado de Transmisiones por Engranajes* se orienta al estudio de este tipo de transmisiones avanzadas que se acaban de mencionar, y que tan poco estudiadas han sido en el pasado. Se trata de estudiar su proceso de generación, sus condiciones de operación, y partiendo de los modelos que utilizan las normas ISO y AGMA para engranajes convencionales, desarrollar nuevos modelos para la determinación de su capacidad de carga.

Como es natural, esta asignatura constituye la base fundamental sobre la que se asienta la línea de investigación sobre *Transmisiones Avanzadas de Engranajes*, que se ofrece en este Máster.

REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA

La asignatura no tiene requisitos obligatorios. No obstante, para un adecuado seguimiento y aprovechamiento del curso se precisan conocimientos, a nivel de grado universitario, de algunas disciplinas como:

- **Elasticidad y Resistencia de Materiales:** tensión, deformación, potencial elástico, resistencia, esfuerzo normal, flexión y cortadura.
- **Teoría de Máquinas:** palancas rodantes, acción conjugada, transmisiones por engranajes.
- **Tecnología de Máquinas:** fatiga, presión superficial.



EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos
Correo Electrónico
Teléfono
Facultad
Departamento

JOSE IGNACIO PEDRERO MOYA
jpedrero@ind.uned.es
91398-6430
ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
MECÁNICA

Nombre y Apellidos
Correo Electrónico
Teléfono
Facultad
Departamento

MIGUEL PLEGUEZUELOS GONZALEZ
mpleguezuelos@ind.uned.es
91398-7674
ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
MECÁNICA

Nombre y Apellidos
Correo Electrónico
Teléfono
Facultad
Departamento

MIRYAM BEATRIZ SANCHEZ SANCHEZ
msanchez@ind.uned.es
91398-6434
ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
MECÁNICA

HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

La tutorización y el seguimiento de los aprendizajes se realizarán a través del curso virtual. También se pueden realizar consultas personales o telefónicas a los profesores del equipo docente, en el siguiente horario:

Prof. D. José Ignacio Pedrero Moya

Día: Martes, de 16 a 20 horas

Lugar: ETS de Ingenieros Industriales, Dpto. de Mecánica, despacho 1.49

Teléfono: 913 986 430

Prof. D. Miguel Pleguezuelos González

Día: Martes, de 16 a 20 horas

Lugar: ETS de Ingenieros Industriales, Dpto. de Mecánica, despacho 1.47

Teléfono: 913 987 674

Prof. D.^a Miryam Beatriz Sánchez Sánchez

Día: Martes, de 16 a 20 horas

Lugar: ETS Ingenieros Industriales, Dpto. de Mecánica, despacho 1.43

Teléfono: 913 986 434

COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE



RESULTADOS DE APRENDIZAJE

El objetivo fundamental de esta asignatura es transmitir al alumno los conocimientos necesarios para abordar problemas avanzados de diseño de engranajes desde el punto de vista resistente, así como desarrollar las capacidades para la realización de actividades de investigación en este campo del conocimiento.

Este objetivo general se concreta en los siguientes objetivos específicos de la asignatura:

1. Establecer la relación existente entre la geometría de la herramienta de tallado y las condiciones de generación, por un lado, y las características del perfil generado, por otro.
2. Identificar las propiedades de funcionamiento de las transmisiones a partir de las condiciones de operación y montaje.
3. Estudiar los modelos de cálculo resistente, a flexión en la base y a presión superficial, de las normas internacionales de diseño de engranajes ISO y AGMA.
4. Presentar los métodos energéticos para la determinación de la distribución de carga en la línea de contacto.
5. Desarrollar modelos avanzados de cálculo.
6. Aplicar los nuevos modelos al diseño y análisis de transmisiones especiales.

CONTENIDOS

METODOLOGÍA

Para cada unidad didáctica, el aprendizaje estará basado en los siguientes aspectos:

- Estudio del material didáctico que desarrolla los contenidos de la unidad.
- Planteamiento, discusión y resolución de dudas (interacción profesor-alumno y entre alumnos).
- Realización de ejercicios de entrenamiento (pruebas de autoevaluación).
- Realización de pruebas de evaluación, consistentes en la resolución de ejercicios prácticos, que se remitirán al equipo docente.

Finalmente, el trabajo final de síntesis consistirá en el desarrollo de un ejercicio de aplicación de los contenidos de las cuatro unidades didácticas anteriores.

Todo ello se llevará a cabo a través del curso virtual de la asignatura, al que se tendrá acceso a través del portal de enseñanza virtual *UNED-e*, y que constituirá el cauce habitual de comunicación entre alumnos y equipo docente, y entre los alumnos entre sí. En este curso virtual el alumno tendrá acceso a los siguientes medios de apoyo:

- Material didáctico: estará accesible toda la bibliografía básica necesaria para el seguimiento del curso, así como cuantas guías, adendas, ejercicios o material didáctico auxiliar se vaya generando a medida que avanza el curso para mantener toda la información



permanentemente actualizada.

- Pruebas de autoevaluación: ejercicios de entrenamiento, con sus correspondientes guías para la autoevaluación por parte del alumno.
- Foros de debate: organizados por temas, servirán para el planteamiento, discusión y resolución de dudas o aclaraciones de interés general, relacionadas con los contenidos de la asignatura o la marcha del curso. Serán el cauce habitual de comunicación entre el equipo docente y los alumnos, y entre los alumnos entre sí.
- Correo electrónico: para la comunicación entre el equipo docente y los alumnos, o los alumnos entre sí, cuando se trate de temas particulares, sin especial interés para el resto de alumnos.
- Entornos virtuales para trabajo en grupo.
- Enlaces de interés.
- Pruebas de evaluación a distancia: que el alumno deberá realizar y remitir al equipo docente para su evaluación.

El alumno deberá comenzar el estudio de cada una de las unidades didácticas descargando el material didáctico correspondiente: la bibliografía básica, notas o guías del equipo docente, casos prácticos, pruebas de autoevaluación y pruebas de evaluación a distancia. Todo el material necesario para la preparación de la asignatura estará disponible en el curso virtual.

Deberá estudiar el material didáctico recomendado, realizando los ejercicios y actividades que en él se propongan, con la vista puesta en la prueba de evaluación que habrán de realizar al final de cada unidad.

Para resolver las dudas o problemas que vayan surgiendo podrá acudir a los foros de debate, donde el equipo docente responderá cuantas cuestiones se vayan planteando. Será recomendable que participen, asimismo, en la discusión otros alumnos que se hubieran enfrentado previamente a la misma cuestión, o que sobre la marcha, al pensar sobre el tema, tuvieran ideas que aportar. En todo caso, se recomienda vivamente la consulta asidua de estos foros, pues la experiencia demuestra que las dudas que plantean unos alumnos y otros son con frecuencia similares, y que en muchas ocasiones estas discusiones hacen aparecer cuestiones que inicialmente habían pasado totalmente desapercibidas.

A medida que se avanza en el estudio de la unidad, se habrán de ir realizando las pruebas de autoevaluación, que deberán dar una indicación del progreso del alumno. Finalmente, se realizará la prueba de evaluación a distancia, que se habrá de remitir al equipo docente.

El trabajo final de síntesis deberá desarrollarse con los conocimientos adquiridos en las unidades didácticas anteriores. No obstante, los foros de debate y el correo electrónico seguirán accesibles para las dudas y aclaraciones. Una vez finalizado, deberá ser remitido al equipo docente para su evaluación.



SISTEMA DE EVALUACIÓN

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- AGMA Standard 2001–D04, Fundamental rating factors and calculation methods for involute spur and helical gear teeth, American Gear Manufacturers Association, Alexandria, VA, 2004.
- AGMA Information Sheet 908–B89, Geometry factors for determining the pitting resistance and bending strength of spur, helical and herringbone gear teeth, American Gear Manufacturers Association, Alexandria, VA, 1989.
- ISO Standard 6336–2:1996, Calculation of load capacity of spur and helical gears –Part 2: Calculation of surface durability (pitting), International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 1996.
- ISO Standard 6336–3:1996, Calculation of load capacity of spur and helical gears –Part 3: Calculation of tooth bending strength, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 1996.
- J. I. Pedrero, I. I. Vallejo, Determinant bending load conditions on high transverse contact ratio spur and helical gear drives, *Journal of Mechanical Engineering Design* **9**(1), pp. 29–37, 2006.
- J. I. Pedrero, I. I. Vallejo, M. Pleguezuelos, Calculation of tooth bending strength and surface durability of high transverse contact ratio spur and helical gear drives, *Journal of Mechanical Design* **129**(1), pp. 69–74, 2007.
- M. Pleguezuelos, Modelo de distribución de carga en engranajes cilíndricos de perfil de evolvente, Tesis Doctoral, UNED, Madrid, 2006.
- M. Sánchez, Modelo de cálculo resistente de engranajes cilíndricos de alto grado de recubrimiento, Tesis Doctoral, UNED, Madrid, 2013.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

En el apartado de Metodología y Plan de Trabajo de esta guía se han presentado someramente los medios de apoyo que se ponen a disposición de los alumnos en el curso virtual: carpetas de contenidos, foros de debate, correo electrónico, entornos virtuales y enlaces.

En principio, no se han previsto programas de radio ni videoconferencias relacionados con los contenidos de la asignatura. No obstante, se podrían organizar si existiera interés por parte de los alumnos.



IGUALDAD DE GÉNERO

En coherencia con el valor asumido de la igualdad de género, todas las denominaciones que en esta Guía hacen referencia a órganos de gobierno unipersonales, de representación, o miembros de la comunidad universitaria y se efectúan en género masculino, cuando no hayan sido sustituido por términos genéricos, se entenderán hechas indistintamente en género femenino o masculino, según el sexo del titular que los desempeñe.

