

## Diseño Óptimo Multidisciplinar

---

CRÉDITOS: 6

---

PROFESOR/A COORDINADOR/A: José Manuel Vega de Prada (josemanuel.vega@upm.es)

---

UNIVERSIDAD DESDE LA QUE IMPARTE EL PROFESOR/A COORDINADOR/A: UPM

---

¿HA DADO O VA A DAR AUTORIZACIÓN PARA GRABAR LAS CLASES DE ESTA ASIGNATURA? No

---

PROFESOR 1: José Manuel Perales Perales (jose.m.perales@upm.es)

---

UNIVERSIDAD DESDE LA QUE IMPARTE EL PROFESOR/A: UPM

---

¿HA DADO O VA A DAR AUTORIZACIÓN PARA GRABAR LAS CLASES DE ESTA ASIGNATURA? No

---

PROFESOR 2: Ángel Velázquez López (angel.velazquez@upm.es)

---

UNIVERSIDAD DESDE LA QUE IMPARTE EL PROFESOR/A: UPM

---

¿HA DADO O VA A DAR AUTORIZACIÓN PARA GRABAR LAS CLASES DE ESTA ASIGNATURA? No

---

PROFESOR 3: Manuel Sanjurjo Rivo (manuel.sanjurjo@uc3m.es)

---

UNIVERSIDAD DESDE LA QUE IMPARTE EL PROFESOR/A: UC3M

---

¿HA DADO O VA A DAR AUTORIZACIÓN PARA GRABAR LAS CLASES DE ESTA ASIGNATURA? No

## CONTENIDOS:

- 1.- Introducción al diseño de sistemas de ingeniería: objetivos y disciplinas técnicas; modelización y simulación. Variables de diseño y parámetros. Restricciones y requisitos/especificaciones. Ciclos de diseño.
2. Diseño de experimentos y post-optimalidad. Muestreo: factorial, central compuesto y aleatorio. Correlaciones, matriz de correlación, correlaciones lineales múltiples. Superficies de respuesta y modelos surrogados: mínimos cuadrados, interpolación (incluida Kriging), aproximaciones de baja dimensión. Análisis de post-optimalidad; robustez. Uso de las herramientas del entorno MatLab.
3. Métodos de optimización de tipo gradiente. Optimización sin restricciones: Newton, casi-Newton y gradiente conjugado; descenso y regiones de confianza. Optimización con restricciones: multiplicadores de Lagrange y condiciones KKT. Resolución adaptativa del sistema Lagrange-KKT. Uso de las herramientas de optimización del entorno MatLab.
4. Otros métodos. Programación lineal, simulated annealing, algoritmos genéticos, Particle Swarm, Simulating Annealing, redes neuronales. Métodos híbridos. Optimización mixta. Optimización multiobjetivo; frentes de Pareto; medias ponderadas; formulación en términos de las condiciones KKT. Uso de las herramientas de optimización del entorno MatLab.
5. Formulaciones continuas vs. formulaciones discretas. Ideas básicas de cálculo de variaciones. Cálculo del gradiente, método del adjunto. Adjunto discreto y adjunto continuo; aplicación a las ecuaciones de Navier-Skokes. Diseño de forma y optimización topológica.
6. Diseño multidisciplinar en varios campos. Motores Alternativos y Aerorreactores. Diseño aerodinámico. Diseño estructural. Optimización de Órbitas.

---

## METODOLOGÍA

Combinación de teoría (ideas esenciales) y práctica (uso de herramientas comerciales, industriales o libres, aunque el curso usará preferentemente MatLab), siguiendo, en cierto modo, el método del caso.

Se dividirá al alumnado en grupos de no más de cuatro alumnos. Durante el primer mes, cada grupo presentará un proyecto (dos páginas) de sistema a diseñar, que deberá ser aprobado por el profesorado para asegurar problemas y planteamientos razonables. El curso irá dando las herramientas y métodos con esos proyectos a la vista.

---

**IDIOMA:** Se adaptará en función del auditorio.

---

**¿SE REQUIERE PRESENCIALIDAD PARA ASISTIR A LAS CLASES?** Videoconferencia.

---

## BIBLIOGRAFÍA

1. R. Fletcher "Practical Methods of Optimization". John Wiley & Sons, 2007.
2. P. Isasi and I. Galván "Redes de neuronas artificiales, un enfoque práctico". Pearson - Prentice Hall, Madrid, 2004.

3. M. Mitchell, "An Introduction to Genetic Algorithms", MIT Press, 1999.
4. E. Marsopoulos and M. Vrahatis, "Particle swarm optimization and intelligence", Information Science Reference, 2010, NY.
- 5.- J. Nocedal and S.J. Wright, "Numerical Optimization", Springer-Verlag, 2006.
6. P.Y. Papalambros and D.J. Wilde, "Principles of Optimal Design. Modeling and Computation", Cambridge Univ. Press, 2000.
7. P. Salamon, P. Sibani, and R. Frost, "Facts, conjectures and improvements for simulated annealing" . SIAM, Philadelphia, PA, 2002.
8. S. Samarasinghe, "Neural networks for applied science and engineering", Auerbach Publications [Taylor and Francis Group], Boza Ratón, FL, 2007.
9. J. Spall. "Introduction to stochastic search and optimization". Wiley-Interscience, NJ, 2003
10. G.N. Vanderplaats, "Numerical Optimization Techniques for Engineering Design", Vanderplaats Research & Development Inc., 2001.
- 11.- K. Willcox et al. "Multidisciplinary Design and Optimization". Lecture Notes. MIT OpenCourseWare, 2014.

---

## COMPETENCIAS

### Básicas y generales:

CG1 Poseer conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación, sabiendo traducir necesidades industriales en términos de proyectos de I+D+i en el campo de la Matemática Industrial;

CG2 Saber aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios, incluyendo la capacidad de integrarse en equipos multidisciplinares de I+D+i en el entorno empresarial;

CG4 Saber comunicar las conclusiones, junto con los conocimientos y razones últimas que las sustentan, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades;

CG5 Poseer las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo, y poder emprender con éxito estudios de doctorado.

### Específicas:

CE1: Alcanzar un conocimiento básico en un área de Ingeniería/Ciencias Aplicadas, como punto de partida para un adecuado modelado matemático, tanto en contextos bien establecidos como en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinares.

CE2: Modelar ingredientes específicos y realizar las simplificaciones adecuadas en el modelo que faciliten su tratamiento numérico, manteniendo el grado de precisión, de acuerdo con requisitos previamente establecidos.

CE5: Ser capaz de validar e interpretar los resultados obtenidos, comparando con visualizaciones, medidas experimentales y/o requisitos funcionales del correspondiente sistema físico/de ingeniería.

---

De especialidad "Modelización":

CM2: Saber modelar elementos y sistemas complejos o en campos poco establecidos, que conduzcan a problemas bien planteados/formulados.

---

¿SE VA A USAR ALGÚN TIPO DE PLATAFORMA VIRTUAL? Si, plataforma Moodle.

---

¿SE NECESITA ALGÚN SOFTWARE ESPECÍFICO? Sí. Matlab.

---

**CRITERIOS PARA LA 1ª OPORTUNIDAD DE EVALUACIÓN:**

Informe de cada grupo y presentación de quince minutos por un miembro del grupo seleccionado por los profesores, seguido de otros quince minutos de preguntas a todos los miembros del grupo. Se califican tres conceptos: informe, presentación y preguntas. Naturalmente, se dará la oportunidad de realizar un examen final a quienes no hayan superado la evaluación anterior.

---

**CRITERIOS PARA LA 2ª OPORTUNIDAD DE EVALUACIÓN:**

Mismos que en la primera oportunidad.

---

## MEMS fluido-térmicos y Power-MEMS

CRÉDITOS: 6 ECTS

PROFESOR/A COORDINADOR/A: Ángel Velázquez López [angel.velazquez@upm.es]

UNIVERSIDAD DESDE LA QUE IMPARTE EL PROFESOR/A COORDINADOR/A: UPM

¿HA DADO O VA A DAR AUTORIZACIÓN PARA GRABAR LAS CLASES DE ESTA ASIGNATURA? Si

PROFESOR 1: Juan Ramón Arias Pérez [juanramon.arias@upm.es]

UNIVERSIDAD DESDE LA QUE IMPARTE EL PROFESOR/A: UPM

¿HA DADO O VA A DAR AUTORIZACIÓN PARA GRABAR LAS CLASES DE ESTA ASIGNATURA? Si

PROFESOR 2: Antonio Barrero Gil [antonio.barrero@upm.es]

UNIVERSIDAD DESDE LA QUE IMPARTE EL PROFESOR/A: UPM

¿HA DADO O VA A DAR AUTORIZACIÓN PARA GRABAR LAS CLASES DE ESTA ASIGNATURA? Si

**CONTENIDOS:** Aspectos fluido mecánicos, térmicos, y de transferencia de energía en microsistemas. Modelización, espectro de aplicaciones y resolución de casos concretos.

**METODOLOGÍA:** Clases en aula.

**IDIOMA:** El idioma se adaptará en función del auditorio.

¿SE REQUIERE PRESENCIALIDAD PARA ASISTIR A LAS CLASES? Videoconferencia.

---

#### **BIBLIOGRAFÍA:**

- The MEMS Handbook. Mohamed Gag El Hak, CRC Press, 2005.
- Modeling NEMS and MEMS. Pelesko and Bernstein, Chapman & Hall, 2003.
- Theoretical Microfluidics. Bruus, Oxford University Press 2008.
- Encyclopedic of Microfluidics and Nanofluidics, Dongqing Li, Springer 2008.
- Microfluidics technologies and Applications. Lin, Springer 2011.
- 

#### **COMPETENCIAS**

##### Básicas y generales:

- CG1 Poseer conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación, sabiendo traducir necesidades industriales en términos de proyectos de I+D+i en el campo de la Matemática Industrial;
- CG2 Saber aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios, incluyendo la capacidad de integrarse en equipos multidisciplinares de I+D+i en el entorno empresarial;
- CG4 Saber comunicar las conclusiones, junto con los conocimientos y razones últimas que las sustentan, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades;
- CG5 Poseer las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo, y poder emprender con éxito estudios de doctorado.

##### Específicas:

- CE1: Alcanzar un conocimiento básico en un área de Ingeniería/Ciencias Aplicadas, como punto de partida para un adecuado modelado matemático, tanto en contextos bien establecidos como en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinares.
- CE2: Modelar ingredientes específicos y realizar las simplificaciones adecuadas en el modelo que faciliten su tratamiento numérico, manteniendo el grado de precisión, de acuerdo con requisitos previamente establecidos.
- CE5: Ser capaz de validar e interpretar los resultados obtenidos, comparando con visualizaciones, medidas experimentales y/o requisitos funcionales del correspondiente sistema físico/de ingeniería.

##### De especialidad "Modelización":

- CM2: Saber modelar elementos y sistemas complejos o en campos poco establecidos, que conduzcan a problemas bien planteados/formulados.
- 

¿SE VA A USAR ALGÚN TIPO DE PLATAFORMA VIRTUAL? No.

---

¿SE NECESITA ALGÚN SOFTWARE ESPECÍFICO? No.

---

**CRITERIOS PARA LA 1ª OPORTUNIDAD DE EVALUACIÓN:**

Trabajo y presentación pública de dicho trabajo correctamente realizados.

---

**CRITERIOS PARA LA 2ª OPORTUNIDAD DE EVALUACIÓN:**

Trabajo y presentación pública de dicho trabajo correctamente realizados.

## Modelización en Biomedicina

---

CRÉDITOS: 6

---

PROFESOR/A COORDINADOR/A: Luis López Bonilla (bonilla@ing.uc3m.es)

---

UNIVERSIDAD DESDE LA QUE IMPARTE EL PROFESOR/A COORDINADOR/A: UC3M

---

¿HA DADO O VA A DAR AUTORIZACIÓN PARA GRABAR LAS CLASES DE ESTA ASIGNATURA? NO

---

PROFESOR 1: Manuel Carretero Cerrajero (manuel.carretero@uc3m.es)

---

UNIVERSIDAD DESDE LA QUE IMPARTE EL PROFESOR/A: UC3M

---

¿HA DADO O VA A DAR AUTORIZACIÓN PARA GRABAR LAS CLASES DE ESTA ASIGNATURA? NO

---

PROFESOR 2: Javier Rodríguez Rodríguez (javier.rodriguez@uc3m.es)

---

UNIVERSIDAD DESDE LA QUE IMPARTE EL PROFESOR/A: UC3M

---

¿HA DADO O VA A DAR AUTORIZACIÓN PARA GRABAR LAS CLASES DE ESTA ASIGNATURA? NO

---

PROFESOR 3: Jesús Salas Martínez (jesus.salas@uc3m.es)

---

UNIVERSIDAD DESDE LA QUE IMPARTE EL PROFESOR/A: UC3M

---

¿HA DADO O VA A DAR AUTORIZACIÓN PARA GRABAR LAS CLASES DE ESTA ASIGNATURA? NO

---

PROFESOR 4: Filippo Terragni (fterragn@ing.uc3m.es)



UNIVERSIDAD DESDE LA QUE IMPARTE EL PROFESOR/A: UC3M

---

¿HA DADO O VA A DAR AUTORIZACIÓN PARA GRABAR LAS CLASES DE ESTA ASIGNATURA? NO

---

#### CONTENIDOS:

1. Presentación.

2. Migración de células epiteliales y aplicación a la Ingeniería tisular. Proliferación de células, factores de control. Medidas de velocidad y densidad de células en tejidos bidimensionales mediante técnicas de análisis de imágenes. Mecanismos del movimiento colectivo, quorum sensing. Modelos matemáticos. Resolución numérica: resultados, validación e interpretación. Validación de modelos usando resultados experimentales.

3. Angiogénesis: formación de vasos sanguíneos inducida por factores de crecimiento. Diferenciación de células endoteliales: ramificación, extensión y anastomosis. Movimiento de capilares siguiendo gradientes de campos continuos: Quemotaxis y haptotaxis. Circulación sanguínea. Modelos estocásticos mediante procesos de nacimiento y muerte y ecuaciones diferenciales estocásticas. Resolución numérica. Leyes de grandes números y derivación de una descripción determinista por medio de ecuaciones en derivadas parciales. Resolución numérica. Modelos híbridos. Modelos de Potts celulares y métodos de Monte Carlo.

4. Vascularización de la retina. Angiogénesis y vascularización postnatal en ratones, vascularización prenatal en primates. Retinopatía de la prematuridad. Modelos matemáticos. Resolución numérica.

---

#### METODOLOGÍA

1) Sesiones magistrales: estas clases se dedican a la exposición de los contenidos de la materia.

2) Formulación, análisis y resolución de problemas y ejercicios relacionados con la materia.

Se realizará mediante videoconferencia

---

**IDIOMA:** Se adaptará según lo requiera el alumnado.

---

¿SE REQUIERE PRESENCIALIDAD PARA ASISTIR A LAS CLASES? Videoconferencia

---

#### BIBLIOGRAFÍA

##### Migración de células

1. M. Basan, J. Prost, J.-F. Joanny and J. Elgeti, Dissipative particle dynamics simulations for biological tissues: rheology and competition. Phys. Biol. 8(2), 026014 (2011).

2. M. Basan, J. Elgeti, E. Hannezo, W.-J. Rappel, H. Levine, Alignment of cellular motility forces with tissue flow as a mechanism for efficient wound healing. PNAS 110(7), 2452-2459 (2013).

3. B.A. Camley, W.-J. Rappel, Velocity alignment leads to high persistence in confined cells. Phys. Rev. E 89, 062705 (2014).

---

4. A. Habbal, H. Barelli, G. Malandain. Assessing the ability of the 2D Fisher-KPP equation to model cell-sheet wound closure. *Mathematical Biosciences* 252, 45-49 (2014).
5. M. Poujade, E. Grasland-Mongrain, A. Hertzog, J. Jouanneau, P. Chavrier, B. Ladoux, A. Buguin and P. Silberzan, Collective migration of an epithelial monolayer in response to a model wound. *PNAS*, 104 15988-15993 (2007)
6. N. Sepúlveda, L. Petitjean, O. Cochet, E. Grasland-Mongrain, P. Silberzan and V. Hakim. Collective cell motion in an epithelial sheet can be quantitatively described by a stochastic interacting particle model. *PLOS Computational Biology* 9 (2013).
7. X. Trepát, M. R. Wasserman, T. E. Angelini, E. Millet, D. A. Weitz, J. P. Butler and J. J. Fredberg. Physical forces during collective cell migration. *Nature Physics* 5, 426-430 (2009).
8. T. E. Angelini, E. Hannezo, X. Trepát, M. Marquez, J. J. Fredberg, and D. A. Weitz. Glass-like dynamics of collective cell migration. *PNAS*. 108, 4714-4719 (2011)

### Angiogenesis

1. T. Adair, J.-P. Montani, Angiogenesis. Morgan & Claypool Life Sciences, San Rafael CA 2010. Ver sito: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK53242/>
2. E.A. Logsdon, S. D. Finley, A.S. Popel, and F.M. Gabhann, A systems biology view of blood vessel growth and remodelling. *J. Cellular Molec. Medicine* 18, 1491-1508 (2014).
3. L.L. Bonilla, V. Capasso, M. Alvaro, M. Carretero, Hybrid modeling of tumor-induced angiogenesis. *Phys. Rev. E* 90, 062716 (2014).
4. P. Carmeliet and R.K. Jain, Molecular mechanisms and clinical applications of angiogenesis. *Nature* 473, 298-307 (2011).
5. V. Capasso and D. Morale, Stochastic modelling of tumour-induced angiogenesis. *J. Math. Biol.* 58, 219-233 (2009).
6. M. Fruttiger, Development of the retinal vasculature. *Angiogenesis* 10, 77-88 (2007).
7. P. Carmeliet, Angiogenesis in life, disease and medicine. *Nature* 438(7070), 932-936 (2005).
8. R.F. Gariano, T.W. Gardner, Retinal angiogenesis in development and disease. *Nature* 438, 960-966 (2005).

### Métodos estocásticos numéricos

1. C. W. Gardiner, Stochastic methods. A handbook for the natural and social sciences. 4th ed. Springer, Berlin 2010.
  2. P. E. Kloeden, E. Platen and H. Schurz, Numerical solution of stochastic differential equations through computer experiments. Springer, Berlin, 1994.
  3. A. Shirinifard, J.A. Glazier, M. Swat, J.S. Gens, F. Family, Y. Jiang, and H.E. Grossniklaus, Adhesion Failures Determine the Pattern of Choroidal Neovascularization in the Eye: A Computer Simulation Study. *PLOS Comput. Biol.* 8(5), e1002440 (2012)
-

4. M.H. Swat, G.L. Thomas, J.M. Belmonte, A. Shirinifard, D. Hmeljak, J.A. Glazier, Multi-Scale Modeling of Tissues Using CompuCell3D. Methods Cell Biol. 110, 325-366 (2012).

#### Enlaces útiles

<http://www.angio.org/>

<http://www.compuCell3d.org/>

---

## COMPETENCIAS

### Básicas y generales:

CG1 Poseer conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación, sabiendo traducir necesidades industriales en términos de proyectos de I+D+i en el campo de la Matemática Industrial.

CG4 Saber comunicar las conclusiones, junto con los conocimientos y razones últimas que las sustentan, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CG5 Poseer las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo, y poder emprender con éxito estudios de doctorado

### Específicas:

CE2: Modelar ingredientes específicos y realizar las simplificaciones adecuadas en el modelo que faciliten su tratamiento numérico, manteniendo el grado de precisión, de acuerdo con requisitos previamente establecidos.

CE3: Determinar si un modelo de un proceso está bien planteado matemáticamente y bien formulado desde el punto de vista físico.

CE5: Ser capaz de validar e interpretar los resultados obtenidos, comparando con visualizaciones, medidas experimentales y/o requisitos funcionales del correspondiente sistema físico/de ingeniería. De especialidad "Modelización".

CM1: Ser capaz de extraer, empleando diferentes técnicas analíticas, información tanto cualitativa como cuantitativa de los modelos.

CM2: Saber modelar elementos y sistemas complejos o en campos poco establecidos, que conduzcan a problemas bien planteados/formulados.

---

¿SE VA A USAR ALGÚN TIPO DE PLATAFORMA VIRTUAL? NO

---

¿SE NECESITA ALGÚN SOFTWARE ESPECÍFICO? NO

---

## CRITERIOS PARA LA 1ª OPORTUNIDAD DE EVALUACIÓN:

Trabajo y presentación pública de dicho trabajo correctamente realizados.

---

**CRITERIOS PARA LA 2ª OPORTUNIDAD DE EVALUACIÓN:**

Los mismos que para la 1ª oportunidad de evaluación.

---

## Turbulencia

---

CRÉDITOS: 6 ECTS

---

PROFESOR/A COORDINADOR/A: Manuel Garcia Villalba (manuel.garcia-villalba@uc3m.es)

---

UNIVERSIDAD DESDE LA QUE IMPARTE EL PROFESOR/A COORDINADOR/A: UC3M

---

¿HA DADO O VA A DAR AUTORIZACIÓN PARA GRABAR LAS CLASES DE ESTA ASIGNATURA?

---

PROFESOR 1: Óscar Flores Arias (oflores@ing.uc3m.es)

---

UNIVERSIDAD DESDE LA QUE IMPARTE EL PROFESOR/A: UC3M

---

¿HA DADO O VA A DAR AUTORIZACIÓN PARA GRABAR LAS CLASES DE ESTA ASIGNATURA?

---

### CONTENIDOS:

1 Introducción.

2 Descripción estadística de la turbulencia.

2.1 Conceptos de estadística.

2.2 Las ecuaciones de Navier Stokes promediadas (Reynolds-averaged Navier Stokes).

2.3 El problema del cierre.

3 Flujos de cortadura libre.

3.1 Capas de mezcla, chorros, estelas.

4 Las escalas de los flujos turbulentos.

4.1 La cascada de energía.

5 Flujos de pared.

5.1 Canales, tuberías y capas límites.

6 El modelado de la turbulencia: DNS, LES, RANS.

7 Introducción al modelado RANS.

7.1 Modelos de viscosidad turbulenta.

7.2 Modelos de esfuerzos de Reynolds.

8 Introducción al modelado LES.

---

**METODOLOGÍA:**

Constará de clases teóricas para introducir la física y el modelado de la turbulencia. Los estudiantes tendrán que resolver problemas sencillos con solución analítica. Además habrán de resolver problemas numéricos utilizando Matlab o cualquier otro entorno de su elección.

---

**IDIOMA:** El idioma se adaptará en función del auditorio

---

**¿SE REQUIERE PRESENCIALIDAD PARA ASISTIR A LAS CLASES?** Videoconferencia, desde la universidad que emite el profesor

---

**BIBLIOGRAFÍA:**

- Pope, S. B. (2000). Turbulent flows. Cambridge university press.
- Davidson, P. A. (2004). Turbulence: An Introduction for Scientists and Engineers: An Introduction for Scientists and Engineers. Oxford University Press.
- Tennekes, H., & Lumley, J. L. (1972). A first course in turbulence. MIT press.
- Durbin, P. A., & Reif, B. P. (2011). Statistical theory and modeling for turbulent flows. John Wiley & Sons.
- Wilcox, D. C. (1998). Turbulence modeling for CFD (Vol. 2, pp. 103-217). La Canada, CA: DCW industries.

---

**COMPETENCIAS**

Básicas y generales:

CG1 Poseer conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación, sabiendo traducir necesidades industriales en términos de proyectos de I+D+i en el campo de la Matemática Industrial;

CG2 Saber aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios, incluyendo la capacidad de integrarse en equipos multidisciplinares de I+D+i en el entorno empresarial;

CG4 Saber comunicar las conclusiones, junto con los conocimientos y razones últimas que las sustentan, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades;

---

CG5 Poseer las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo, y poder emprender con éxito estudios de doctorado.

Específicas:

CE1: Alcanzar un conocimiento básico en un área de Ingeniería/Ciencias Aplicadas, como punto de partida para un adecuado modelado matemático, tanto en contextos bien establecidos como en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinares.

CE2: Modelar ingredientes específicos y realizar las simplificaciones adecuadas en el modelo que faciliten su tratamiento numérico, manteniendo el grado de precisión, de acuerdo con requisitos previamente establecidos.

CE5: Ser capaz de validar e interpretar los resultados obtenidos, comparando con visualizaciones, medidas experimentales y/o requisitos funcionales del correspondiente sistema físico/de ingeniería.

De especialidad "Modelización":

CM2: Saber modelar elementos y sistemas complejos o en campos poco establecidos, que conduzcan a problemas bien planteados/formulados.

---

¿SE VA A USAR ALGÚN TIPO DE PLATAFORMA VIRTUAL? No.

---

¿SE NECESITA ALGÚN SOFTWARE ESPECÍFICO? Si. MATLAB

---

**CRITERIOS PARA LA 1ª OPORTUNIDAD DE EVALUACIÓN:**

Participación en clases, entrega de ejercicios y tests 50%.

Examen final escrito 50%.

---

**CRITERIOS PARA LA 2ª OPORTUNIDAD DE EVALUACIÓN:**

Examen escrito.

---