

SOL·LICITUD DE VERIFICACIÓ DEL MÁSTER UNIVERSITARIO EN MÉTODOS NUMÉRICOS EN INGENIERÍA. ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERS DE CAMINS, CANALS I PORTS DE BARCELONA (ETSECCPB)

Acord núm . 106/2012 del Consell de Govern pel qual s'aprova la sol·licitud de verificació del Máster Univerversitario en Métodos Numéricos en Ingeniería. Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona (ETSECCPB)

- Document proposta informat favorablement per la Comissió de Docència i Estudiantat celebrada el dia 01/12/2011.
- Document aprovat pel Consell de Govern celebrat el dia 12/06/2012.

DOCUMENT CG 26/06 2012

Vicerectorat de Política Acadèmica
12 de juny de 2012

Memoria

**Solicitud de verificación
del título universitario oficial de**

**Máster universitario en
métodos numéricos en
ingeniería**

de la

Universitat Politècnica de Catalunya

Diciembre de 2011

1. DESCRIPCIÓN DEL TÍTULO

Subapartados

1.1. Datos básicos

- Nivel (Master)
- Denominación
- Especialidades
- Título Conjunto Sí/No
- Rama
- Códigos ISCED 1 / ISCED 2
- Habilita para Profesión Regulada Sí - Profesión
No
- Universidades: como mínimo la universidad solicitante
- Universidad Solicitante - UPC

1.2 Distribución de Créditos en el Título

- Si hay especialidades, datos de los créditos de cada especialidad.

1.3.1 Centros en los que se imparte el título

- Para cada centro:
 - Tipo de enseñanza
 - Plazas de nuevo ingreso
 - Matrícula Mínima y máxima
 - URL donde se encuentren las normas de permanencia:
(<http://www.upc.edu/sga/normativos/normativos-academiques-de-la-upc/estudis-de-master-universitari-namu>)
 - Lenguas de impartición

1.1. Datos básicos

Nivel

Master

Denominación

MASTER UNIVERSITARIO EN MÉTODOS NUMÉRICOS EN INGENIERÍA

Especialidades

Título Conjunto

No

Rama**Ingeniería y Arquitectura****Códigos ISCDE 1 / ISCDE 2***Esta información se puede obviar***Habilita para Profesión Regulada****Sí/No: No****Universidades***Título conjunto: No***Universidad solicitante****Universitat Politècnica de Catalunya****1.2 Distribución de Créditos en el Título****Tabla de distribución de créditos****Créditos totales: (120)****Créditos en prácticas externas: 30****Créditos optativos: 30****Créditos obligatorios: 30****Créditos de trabajo fin de master: 30**

Créditos de complementos formativos: (créditos que deberá cursar el estudiante para la admisión al master. (Artículos 17.2 y punto 4.6 del Anexo I del Real Decreto 1393/2007 de 29 de octubre por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales modificado por Real Decreto 861/2010 de 3 de julio).

NO SE REQUEREN CREDITOS COMPLEMENTARIOS.

1.3.1 Centros en los que se imparte el título

Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona (ETSECCPB)

Para cada centro:

Tipo de enseñanza

El Master Universitario en Métodos Numéricos se cursará en las siguientes modalidades:

Modalidad Presencial

El alumno cursa todas las asignaturas de forma presencial en la Universitat Politècnica de Catalunya.

Modalidad a Distancia

El alumno cursa todas las asignaturas a distancia a través del Centro Virtual de Estudios del Curso de Master.

Modalidad Mixta

El alumno cursa algunas de las asignaturas en la modalidad presencial y otras en la modalidad a distancia.

El contenido y duración del curso en las tres modalidades es idéntico.

Plazas de nuevo ingreso

Primer año de implantación: 35 plazas (12 presenciales, 18 a distancia y 5 mixta)

Segundo año de implantación: 50 plazas (15 presenciales, 28 a distancia y 7 mixta)

Matrícula máxima y mínima (asociada al centro)

Primer año, tiempo completo: matrícula máxima: 60, matrícula mínima 45 (ECTS)

Primer año, tiempo parcial: matrícula máxima 45, matrícula mínima 30 (ECTS)

Resto de cursos, tiempo completo: matrícula máxima 75, matrícula mínima 45 (ECTS)

Resto de cursos, tiempo parcial: matrícula máxima 45, matrícula mínima 30 (ECTS)

- véase Normativa Académica - Master:

<http://www.upc.edu/sga/normatives/normatives-academiques-de-la-upc/estudis-de-master-universitari-namu>

URL donde se encuentran las normas de permanencia

<http://www.upc.edu/sga/normatives/normatives-academiques-de-la-upc/estudis-de-master-universitari-namu>

Lenguas de impartición

Modalidad Presencial

Idioma de docencia: Inglés
Idioma documentación: Castellano e Inglés
Idioma de Tutoría: Castellano, Inglés y Catalán

Modalidad a Distancia

Idioma documentación: Castellano e Inglés
Idioma de Tutoría: Castellano, Inglés y Catalán

Modalidad Mixta

Idioma de docencia (para clases presenciales): Inglés
Idioma de documentación: Castellano e Inglés
Idioma de Tutoría: Castellano, Inglés y Catalán

2. JUSTIFICACIÓN

Subapartados

- 2.1. Justificación del título propuesto, argumentado el interés académico, científico o profesional del mismo
- 2.2. En el caso de los títulos de Graduado o Graduada: Referentes externos a la universidad proponente que avalen la adecuación de la propuesta a criterios nacionales o internacionales para títulos de similares características
- 2.3. Descripción de los procedimientos de consulta internos y externos utilizados para la elaboración del plan de estudios. Éstos pueden haber sido con profesionales, estudiantes u otros colectivos

2.1. Justificación del título propuesto, argumentado el interés académico, científico o profesional del mismo.

Antecedentes

La utilización de los denominados métodos numéricos (un término equivalente al de métodos de cálculo) está hoy en día firmemente implantada en todas las empresas de ingeniería y en la investigación en ingeniería y en ciencias aplicadas. Dichos métodos se utilizan de manera cotidiana, dentro de potentes programas de ordenador, para el diseño y proyecto de nuevos productos y procesos y para el análisis del comportamiento de productos existentes. Los términos "producto" y "proceso" se entienden aquí en su sentido más amplio y abarcan desde la construcción de edificios e infraestructuras en ingeniería civil, hasta la fabricación de automóviles, barcos, aviones y dispositivos en bio-medicina, o de cualquier otro producto manufacturado por la industria.

Todos los indicios apuntan a que la demanda de nuevos y más potentes métodos numéricos crecerá en los próximos años. Las razones son la mayor exigencia en la obtención de productos y procesos mejores y más económicos, así como la inclusión de aspectos multidisciplinarios en su diseño, tales como el impacto medio-ambiental del producto o el proceso, o la mayor seguridad de los mismos, entre otros.

Por todo ello, es imprescindible que los futuros técnicos tengan una formación sólida e integral en el ámbito de los modernos métodos numéricos y que sean capaces aplicarlos para resolver los problemas de ingeniería más diversos.

Es precisamente la obtención de dichos objetivos lo que motivó en su día (hace más de 25 años) la puesta en marcha en la UPC (Universitat Politècnica de Catalunya) de cursos de postgrado en el ámbito de los métodos numéricos en ingeniería, siendo esta una de las enseñanzas de postgrado con más antigüedad de la UPC.

Como muestra de ello, se destaca que el Master oficial actual es una actualización del Master en Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería que se impartió de forma presencial y a distancia en la UPC desde el año 1989 hasta el 2006 (entre 1985 y 1989 tuvo categoría de curso de Postgrado de la UPC) . Ese año la versión presencial de este curso se sustituyó por el Master de Métodos Numéricos en Ingeniería, que se incorporó al catálogo de master oficiales de la UPC el curso 2007-2008. En paralelo se mantuvo hasta la fecha, la versión a distancia del mencionado Master en Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería.

Un aspecto esencial del Master que se propone es que está diseñado para poder ser impartido conjuntamente con el Master of Science in Computational Mechanics, el cual se imparte en la UPC dentro del marco del programa Erasmus Mundus de la

Unión Europea. Este Master se ofrece conjuntamente con las Universidades de Swansea (País de Gales), Stuttgart (Alemania) y Nantes (Francia). La presente propuesta coincide complementariamente con la del Master mencionado, de manera que en caso de que ambos se oferten, el coste académico para la UPC quedaría reducido al de un solo programa de Master.

Así, el Master Universitario en Métodos Numéricos en Ingeniería cuya continuidad como master oficial de la UPC se propone **re-editar de manera renovada, incorpora en un único curso de master las experiencias docentes anteriores con tres modalidades de enseñanza (presencial, a distancia y mixta), así como compatibilizarlo con el Master of Science in Computational Mechanics.**

Objetivos del Master Universitario en Métodos Numéricos en Ingeniería

El objetivo del curso de Master Universitario en Métodos Numéricos en Ingeniería es proporcionar una formación multidisciplinar y en profundidad en el estado del arte y las aplicaciones de los métodos de cálculo más utilizados en ingeniería, tales como el método de los elementos finitos y otras técnicas numéricas similares que se usan de forma cotidiana por las empresas para la solución de toda una variedad de problemas de interés práctico en ingeniería.

La formación que se imparte en el curso de Master de Métodos Numéricos en Ingeniería es también un excelente punto de partida para sus alumnos para el desarrollo posterior de una actividad investigadora que conduzca a la tesis doctoral. Una prueba de ello son los 95 doctores graduados en la UPC desde 1985, que se han formado en su etapa de postgrado a través de las asignaturas de este curso (en su versión actual como curso de Master y antes como curso de postgrado). En este sentido, **el programa de master que se propone está previsto que pueda servir como fase docente de los programas de doctorado de los departamentos y centros que lo proponen** (ETSECCPB, DRMEE, DMA3).

Los objetivos formativos esenciales son:

- Proporcionar a los alumnos un conocimiento general de la teoría sobre los métodos numéricos más utilizados en la práctica profesional de la ingeniería y a nivel científico. Se prestará especial atención a las ventajas y desventajas de cada método, de manera que los estudiantes puedan apreciar el valor y límites de la aplicación de los métodos numéricos a un problema industrial.
- Proporcionar a los alumnos conocimientos y experiencia de cálculo práctica sobre la aplicación de los métodos numéricos para la solución de problemas de ingeniería y las ciencias aplicadas, utilizando programas de ordenador. El objetivo es que los alumnos puedan aplicar los métodos estudiados con confianza en un entorno industrial.
- Proporcionar a los estudiantes la formación suficiente para el desarrollo de nuevos programas de ordenador para la solución de problemas de ingeniería a nivel básico y avanzado. Dicha formación será de gran utilidad para aquellos estudiantes que deseen proseguir una actividad investigadora a nivel doctoral, en la que tengan que desarrollar métodos de cálculo y software originales e innovadores.
- Proporcionar a los estudiantes una amplia selección de áreas de especialización en la aplicación de los métodos numéricos a diversos campos de las ingenierías: civil, mecánica, aeronáutica, naval y bio-médica, así como en la ingeniería de procesos de fabricación, entre otras muchas.
- Permitir cubrir la fase docente de los programas de doctorado asociados a los departamentos que proponen este Master (RMEE, MA3).

Como se ha mencionado anteriormente, es de destacar que el contenido del curso y su calendario son totalmente compatibles con el Master in Computational Mechanics que se imparte en el marco del programa Erasmus Mundus de la CE, en la UPC y las Universidades de Swansea (Gales), Stuttgart y Nantes. La UPC es la coordinadora de este curso en el que participan los organismos patrocinadores del curso de master en Métodos Numéricos en Ingeniería: ETSECCPB, departamentos de Resistencia de Materiales y Estructuras en la Ingeniería (RMEE), de Matemática Aplicada 3 (MA3) y Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE). La compatibilidad implica en la práctica que los alumnos del Master Erasmus Mundus que cursan un semestre en la UPC comparten las mismas asignaturas obligatorias (troncales) con los alumnos presenciales del Master de Métodos Numéricos en Ingeniería.

Todo ello redundando en el interés y la oportunidad estratégica de mantener, de manera re-editada, el carácter oficial del Master Universitario en Métodos Numéricos en Ingeniería. El objetivo es que pueda convertirse a corto plazo en una referencia a nivel internacional.

Unidades participantes en el master

Las unidades básicas promotoras de este master es la *Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona* (ETSECCPB).

La **institución que tramitará el título** es la Universitat Politècnica de Catalunya.

Régimen del estudio: tiempo completo y tiempo parcial.

Se contempla la posibilidad de seguir el master a tiempo completo o a tiempo parcial. En cualquiera de los dos casos la modalidad puede ser presencial o a distancia. En el segundo caso se podrá utilizar el material de aprendizaje no presencial que ya ha sido desarrollado en el pasado por los promotores del master y que permite más flexibilidad a los estudiantes. Para más información sobre las herramientas no presenciales disponibles consúltese www.cimne.upc.es/cdl

El periodo lectivo tiene una oferta semestral.

Se prevé iniciar a impartir el master en otoño del 2012, es decir el curso 2012-2013

El master tendrá **120 créditos ECTS**. Para los estudiantes que decidan seguir el master a **tiempo completo**, la duración prevista es de cuatro semestres académicos de 30 ECTS cada uno. Para los estudiantes que opten por la versión a **tiempo parcial**, la duración prevista es de siete semestres académicos.

Interés y relevancia científica

Los métodos numéricos (también denominados métodos cuantitativos, métodos de cálculo o métodos de simulación por ordenador) son una herramienta imprescindible de ayuda a la investigación en numerosos ámbitos de la ingeniería y las ciencias aplicadas. Con ayuda de los métodos numéricos y los modernos ordenadores pueden resolverse las ecuaciones diferenciales e integrales que gobiernan la mayor parte de los problemas de la naturaleza, así como el comportamiento de casi todos los procesos en la física y la ingeniería, entre otras ciencias. Antes del desarrollo de los métodos numéricos y la informática, el estudio de esas ecuaciones era prácticamente imposible y su solución sólo era factible en unos pocos casos de interés meramente académico. Con la ayuda de los métodos numéricos es posible estudiar hoy en día cualquier problema de la ingeniería o la física, teniendo en cuenta las complejas interacciones debidas a efectos multidisciplinares, tales como la interacción fluido-suelo-estructura, la electro-

magneto-dinámica y la termo-mecánica en sólidos y fluidos entre otros muchos ejemplos.

Los métodos numéricos son por tanto herramientas indispensables para el estudio detallado de todos los procesos que se producen en el mundo que nos rodea, tanto aquellos que se originan de forma natural (inundaciones, terremotos, tornados, etc.) como aquellos en los que interviene directamente la acción del hombre (obras de ingeniería, procesos de fabricación, etc.).

La formación que se proporciona en el Master Universitario en Métodos Numéricos en Ingeniería es la adecuada para iniciar al alumno en una futura carrera de investigador. Se pretende introducir al alumno a las bases teóricas de los métodos numéricos más actuales, tales como el método de elementos finitos y los métodos sin malla, entre otros, y a las técnicas de cálculo numérico más potentes y útiles. Asimismo se forma al alumno en los aspectos fundamentales de la mecánica de medios continuos (sólidos y fluidos) y al comportamiento de los materiales más utilizados en la práctica y al tratamiento de problemas acoplados en ingeniería. Todos estos temas son indispensables como punto de partida para una futura actividad investigadora, en la que el alumno deberá extender los conceptos aprendidos, para desarrollar así de forma autónoma nuevos métodos de cálculo para la solución de problemas de relevancia en el mundo de la ingeniería y las ciencias aplicadas.

Interés y relevancia profesional

Como ya se ha mencionado, los métodos numéricos son una herramienta clave para el desarrollo de la práctica profesional de la ingeniería. De hecho, los métodos numéricos intervienen en todas las fases de la práctica ingenieril. Obviamente, son una pieza clave para el diseño, pero también para la construcción, la fabricación y la explotación o mantenimiento. Los avances recientes que más han influido en la popularidad de los métodos numéricos en la solución de problemas progresivamente más complejos en ciencia y tecnología, han sido: el desarrollo de nuevas técnicas numéricas basadas en combinaciones de métodos tales como los de diferencias finitas, elementos finitos, volúmenes finitos y métodos sin malla ; los progresos en las técnicas de álgebra matricial para resolver de forma más eficiente los grandes sistemas de ecuaciones algebraicas resultantes del método de discretización; la existencia y caracterización de nuevos materiales con óptimas relaciones entre resistencia y peso y, finalmente, la disponibilidad de ordenadores con crecientes recursos de memoria y mayor velocidad de cálculo, a través de nuevas arquitecturas de ordenadores paralelos con memoria distribuida o compartida.

Los temas anteriores forman un conjunto indisociable, de manera que hoy en día es impensable abordar el desarrollo de un método original para solución de un nuevo problema en ciencia o ingeniería, sin tener en cuenta todos los ingredientes mencionados. Por ejemplo, cualquier nuevo método numérico tiene que desarrollarse actualmente teniendo en cuenta la plataforma informática en la que se implementará para resolver problemas de gran escala (probablemente en ordenadores paralelos). Asimismo, es impensable un programa de ordenador moderno que no incorpore, o pueda incorporar, los continuos avances en la modelización de materiales avanzados.

La palabra que quizás puede sintetizar el futuro más inmediato de las aplicaciones de los métodos numéricos es «multifísica». Los problemas no se abordarán más desde la perspectiva de un único medio físico, e incorporarán todos los acoplamientos que caracterizan la complejidad de la realidad. Así, por ejemplo, el diseño de una pieza de un vehículo (un avión, un automóvil, etc.) se realizará teniendo en cuenta el proceso de fabricación y la función que dicha pieza ejercerá a lo largo de su «vida útil». Las estructuras en ingeniería civil se estudiarán teniendo

en cuenta los efectos con el medio circundante (el terreno, el agua, el aire). Ejemplos similares pueden encontrarse en ingeniería naval y aeronáutica, entre otras, así como en prácticamente todas las áreas de la ciencia. La importancia de tener en cuenta el carácter «estocástico» (no determinista) de todos los datos será esencial para estimar la probabilidad de que los nuevos productos y procesos concebidos por el ser humano se comporten de la forma prevista. Los próximos previsible cálculos en el marco de la «multifísica estocástica» requerirán enormes recursos informáticos, nuevos y más potentes métodos numéricos y modelos físicos avanzados.

Sólo desde la perspectiva de una estrecha cooperación entre todas las partes del triángulo formado por el conocimiento profundo de las bases físicas y matemáticas de cada problema, los métodos numéricos y la informática, podrán encontrarse soluciones efectivas a los megaproblemas del inicio de este siglo. Esa cooperación deberá verse reflejada también en un mayor énfasis en la optimización de los recursos materiales y humanos necesarios para afrontar con garantías el cambio de escala de los problemas a resolver y, sobre todo, en la puesta en marcha de acciones de formación innovadoras para preparar a las nuevas generaciones, que, con la ayuda de los números, deberán pilotar con éxito la solución de problemas multidisciplinares en ingeniería y en ciencias aplicadas.

Interés estratégico del Master Universitario de Métodos Numéricos en Ingeniería

Es importante hacer notar que en el entorno del Master Universitario en Métodos Numéricos en Ingeniería han surgido organizaciones e iniciativas científicas de gran calado en el ámbito de esa especialidad en España, y en particular en la UPC. Destacamos aquí cuatro de estas:

- El Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE, www.cimne.com) fue creado en la UPC en 1987 (cumple 25 años en 2012) y cuenta actualmente con 200 investigadores de 28 países y sedes y delegaciones (la red de Aulas CIMNE) en España, USA, Latinoamérica, Singapur y China. CIMNE es también la sede de la organizaciones científicas en el ámbito de los métodos numéricos en ingeniería a nivel español (ver descripción de SEMNI más abajo), europeo (European Research Community on Computational Methods in Applied Sciences, www.cimne.upc.es/eccomas) y mundial (International Association for Computational Mechanics, www.cimne.upc.es/iacm).

La red de sedes y Aulas CIMNE en todo el mundo jugará un papel esencial para la difusión del curso a nivel internacional y la captación de alumnos de los cinco continentes.

CIMNE ha promovido también la creación de 10 empresas de base tecnológica en el ámbito de los métodos numéricos en ingeniería. Estas empresas podrán ser utilizadas por los alumnos del curso para estancias de formación en la fase docente del curso, así como posible lugar de trabajo en el futuro.

- El Laboratorio de Cálculo Numérico (LaCaN, www-lacan.upc.edu), creado en 1998 en el seno del Departamento de Matemática Aplicada III, y que cuenta con unos 50 investigadores de distintos países. Se trata de un grupo de investigación muy activo en el campo de los métodos numéricos en ciencias aplicadas e ingeniería, dedicado a 1) el desarrollo, análisis, programación y validación de métodos numéricos y 2) su aplicación a la solución de diversos problemas de interés industrial y tecnológico en la ingeniería. Participa además, junto a CIMNE, en el actual Master de Métodos Numéricos en Ingeniería (versión presencial y versión a distancia) y en el Erasmus Mundus Master of Computational Mechanics.

- La Sociedad Española de Métodos Numéricos en Ingeniería (SEMNI, www.cimne.upc.es/semni) creada en 1989 y que desarrolla una importante actividad científica a nivel nacional e internacional. Cabe destacar la organización, cada dos años, del Congreso de Métodos Numéricos en Ingeniería.
- La Revista Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (RIMNI, www.cimne.upc.es/rimni) creada en 1985 en la UPC y actualmente indexada en el JCR y co-publicada por UPC y Elsevier. Esta es la única revista de la especialidad en idioma castellano y una de las pocas revistas en castellano en el ámbito de la ingeniería indexadas en el JCR

Como se detalla mas adelante, la demanda prevista en este Master es de 35 alumnos 12 en la modalidad presencial, 18 en la modalidad a distancia y 5 en la modalidad mixta en el periodo 2012-2013

2.2. En el caso de los títulos de Graduados o Graduas: Referentes externos a la universidad proponente que avalen la adecuación de la propuesta a criterios nacionales e internacionales para títulos de similares características

NO APLICA. Sin embargo, en el apartado siguiente se indican algunas referencias externas que se han utilizado dentro del procedimiento de consulta.

2.3. Descripción de los procedimientos de consulta internos y externos utilizados para la elaboración del plan de estudios. Éstos pueden haber sido con profesionales, estudiantes u otros colectivos

En la actualidad se imparten en Europa cuatro Masteres muy similares al que aquí se propone, como por ejemplo los siguientes:

- Master en Numerical Methods in Engineering impartido por la Universidad de Gales en Swansea http://www.engineering.swan.ac.uk/civil_post-masters.htm/
- Master en Computational Mechanics impartido por la Universidad de Stuttgart <http://www.msc.commas.uni-stuttgart.de/>
- Master en Computational Mechanics impartido por la Universidad de Munich <http://www.come.tum.de/>
- Master in Computational Mechanics que se imparte en el marco del programa Erasmus Mundus de la CE, en la UPC y las Universidades de Swansea (Gales), Stuttgart y Nantes., <http://www.cimne.com/cm-master/>. La UPC es la coordinadora de este curso .Como se ha mencionado antes, el contenido de este curso es totalmente compatible con el del Master de Métodos Numéricos en Ingeniería, que aquí se propone. Ambos Masteres son, por tanto, perfectamente compatibles.

En otras universidades de Europa se imparten Masteres más focalizados hacia especialidades contenidas en el Master de Métodos Numéricos en Ingeniería. Entre éstas destacan:

- Master en Mecánica Estructural de la Universidad de Chalmers (Suecia) <http://www.sm.chalmers.se/utbildning/master-e.htm/>
- Master en Applied Mechanics de la Universidad de Nantes (Francia) <http://www.ec-nantes.fr/>

El Master de Métodos Numéricos en Ingeniería puede considerarse equivalente al impartido en la Universidad de Chalmers y contiene un 30% más de aplicaciones que los impartidos en las Universidades de Stuttgart y Munich.

El programa del Master de Métodos Numéricos en Ingeniería se ha establecido teniendo en cuenta la oferta de dichos Masteres Europeos. Con este fin se han incluido varias asignaturas de aplicación a ámbitos diferentes de los tratados en los Masteres arriba mencionados. Además, la posibilidad de poder cursarlo en una de las tres modalidades: presencial, a distancia y mixta le confiere un carácter singular y muy atractivo para estudiantes de todo el mundo. Por todo ello, se considera que el contenido del Master de Métodos Numéricos en Ingeniería es original e innovador.

Los objetivos y contenidos del Master Universitario en Métodos Numéricos en Ingeniería se han elaborado en consulta con diversos profesores e investigadores de la UPC y de CIMNE, así con profesionales de empresas que operan en el ámbito del cálculo y del software en ingeniería.

Los contenidos del Plan de Estudios se han definido también de manera que sean compatibles y alineados con las líneas estratégicas del Plan de Investigación (PI) de la UPC. En particular se resalta la relación con los siguientes programas que constituyen las líneas maestras del mencionado PI:

- Relación con la orientación de la estructura de la UPC para un mejor aprovechamiento de las oportunidades. El curso de Master contribuirá a la consolidación de un nuevo modelo organizativo en la UPC, con unidades transversales de gestión y promoción de actividades de I+D (es decir, los diversos grupos que promueven el curso). Asimismo el curso facilitará la incorporación de personal investigador y el incremento del número de investigadores en formación, ambos objetivos del PI de la UPC.

El curso facilitará también la creación de nuevos instrumentos y nuevos entornos formativos para que los grupos de investigación de la UPC puedan alcanzar sus objetivos de I+D+i.

Por otra parte el curso de Master potenciará la participación de los grupos promotores con otros agentes sociales (CIMNE, LaCan, otras universidades de Europa, empresas, etc.) de manera que se preserven y se incrementen los activos de conocimiento e intelectuales de la UPC.

El Master será también un instrumento eficaz para la atracción de talentos, a nivel de estudiantes de postgrado y de doctorado, así como para la valorización de los resultados de la investigación en el ámbito de los métodos numéricos en la UPC, permitiendo su difusión a través de las clases del curso y a través de la realización de la Tesis de Master.

Finalmente el Master será un instrumento efectivo para la formación de investigadores en el ámbito de los métodos numéricos y sus aplicaciones en ingeniería y ciencias aplicadas y para la divulgación y promoción de la investigación y la transferencia de resultados, a través de las actividades docentes y de investigación del curso de Master.

Experiencias previas de las unidades promotoras del Master

Se destaca la experiencia de las tres unidades promotoras del Master (DRMEE, MA3 y Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona (ETSECCPB) de la UPC en temas de docencia, de investigación y de transferencia de resultados de actividades de I+D+i al sector industrial .

El Departamento de Resistencia de Materiales y Estructuras en Ingeniería (DRMEE) ha sido responsable de la organización del Master sobre Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería que se imparte en la UPC desde 1987. Este departamento, junto con el Departamento de Matemática Aplicada 3 (MA3) de la UPC, constituyen el núcleo promotor, de gestión y docente del Master de Métodos Numéricos en Ingeniería.

El departamento de RMEE cuenta con un cuadro activo de profesores en diversas líneas de investigación sobre cálculo de estructuras y medios continuos. El conjunto de profesores publica una media de tres artículos al año en revistas científicas indexadas (un total de 40 artículos al año). Asimismo el RMEE organiza periódicamente congresos y jornadas de carácter internacional en colaboración con CIMNE. El departamento de RMEE participa de forma continuada en proyectos de I+D y de transferencia de tecnología en colaboración con empresas españolas y extranjeras (ha participado en unos 140 proyectos de la EC en los últimos 24 años). Este departamento es asimismo responsable del doctorado en Análisis Estructural de la UPC.

El departamento de MA3 es responsable del doctorado de excelencia en Matemática Aplicada. Colabora asimismo activamente desde 1987 en la docencia de diversas asignaturas del Master sobre Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería. El departamento de MA3 cuenta con un cuadro de profesores activo en el ámbito de los métodos numéricos en el que desarrollan de forma continuada una importante actividad científica (tres artículos en revistas indexadas/año por profesor). También participa en proyectos de I+D y de transferencia de resultados al sector industrial.

La ETSECCPB es un referente en el mundo de la ingeniería civil en España y en Europa en innovación docente, dedicación a la investigación de sus profesores y participación en proyectos de I+D y transferencia de resultados al sector industrial. Es también coordinadora del doctorado de excelencia de Ingeniería Civil. Desde 1987 apoya el Master sobre Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería ofreciendo espacio de aulas y apoyo administrativo.

Referente académico interno (Títulos ofertados en la tradición académico-investigada y profesional, y potencialidad de las unidades participantes)

Como se ha comentado en apartados precedentes el curso de Master propuesto es una actualización del Master sobre Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería que se imparte en la UPC desde 1987. El Master lo han cursado de forma presencial unos 450 alumnos de 25 países (fundamentalmente de España, Latinoamérica y varios países europeos: Alemania, Francia, Italia, Suecia). En la actualidad existe también una versión a distancia del Master, iniciada en 1995, que han cursado desde esa fecha unos 350 alumnos de todo el mundo. La versión a distancia del Master se imparte utilizando el Centro de Estudios Virtual del master, desarrollado por el Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE). Para detalles visitar www.cimne.com/cdl

Una característica esencial de la nueva versión del Master que se propone es la triple modalidad de la enseñanza que puede ser presencial, a distancia y mixta, integrando así la experiencia en la docencia de ediciones anteriores, que permitían esas modalidades de enseñanza en versiones oficiales y no oficiales del curso. En la versión oficial renovada del Master de Métodos Numéricos en Ingeniería que aquí se propone, cada alumno escogerá la modalidad de enseñanza para cada asignatura de acuerdo con sus intereses, de forma compatible siempre con el calendario del curso. Esto, ***unido al hecho de que la modalidad a distancia podrá cursarse desde cualquier parte del mundo en español y en inglés,*** redundará favorablemente en el número de alumnos del curso. La enseñanza de todas las asignaturas (presenciales o a distancia), se apoyará con herramientas y material de soporte para la formación

tutorizada por Internet (en castellano y en inglés), utilizando las facilidades que ofrece el Centro de Estudios Virtual del Master.

El programa del Master propuesto se ha elaborado de forma coherente con el contenido de los Programas de Doctorado en Análisis Estructural, Matemática Aplicada e Ingeniería Civil impartidos respectivamente por los departamentos de RMEE, MA3 y por la ETSECCPB, promotores de este curso de Master.

3. COMPETENCIAS

Subapartados

- 3.1. Competencias básicas y generales
- 3.2. Competencias transversales
- 3.3. Competencias específicas

3.1. Competencias básicas y generales

CG-1 *Conocimiento de los métodos numéricos y mecanismos de solución.*

Completar y consolidar la formación básica del alumno en la resolución de problemas mediante métodos numéricos y computacionales reforzando su conocimiento de las bases así como de las aplicaciones específicas.

CG-2 *Conocimiento de las teorías y aplicaciones de los métodos numéricos.*

Capacidad para adquirir conocimiento y comprensión avanzados sobre las teorías y aplicaciones de los métodos numéricos en la solución de problemas de ingeniería.

CG-3 *Experiencia en la solución de problemas mediante los métodos numéricos.*

Capacidad para adquirir experiencia y criterio en la aplicación de métodos numéricos a través de la utilización de programas de cálculo, pre y post procesadores gráficos, lenguajes de programación y librerías de cálculo científico.

CG-4 *Consolidación de los criterios de aplicación de los métodos numéricos.*

Completar y consolidar los conocimientos, los criterios y el espíritu crítico para plantear la soluciones convencionales y así como para realizar análisis de resultados en problemas característicos de modelización numérica.

CG-5 *Conocimiento de las redes sociales en el entorno de los métodos numéricos*

Conocer y adquirir una conciencia crítica sobre la vanguardia de la comunidad española, europea e internacional de métodos numéricos en ingeniería.

CG-6 *Modelización numérica de problemas reales.*

Profundizar en la habilidad para resolver problemas reales de ingeniería mediante modelización numérica a través de la identificación del modelo matemático subyacente, del método de cálculo más adecuado y de la interpretación crítica de los resultados.

CG-7 *Independencia crítica*

Adquirir capacidad para utilizar de forma autónoma su conocimiento y comprensión de la ingeniería computacional para diseñar soluciones a problemas nuevos o poco familiares, incorporando conocimientos y saber hacer teóricos y prácticos, si es necesario, de otras disciplinas de la ingeniería y las ciencias básicas, y diseñando nuevos métodos de resolución originales y adecuados a los objetivos finales planteados.

CG-8 *Conocimiento de los alcances de los métodos numéricos.*

Comprender la aplicabilidad y limitaciones de la modelización numérica y de las tecnologías de cálculo existentes.

CG-9 *Independencia investigadora*

Adquirir experiencia y autonomía en la búsqueda, filtraje, recopilación y síntesis de información científico – técnica de vanguardia.

3.2. Competencias transversales

CT-1 Capacidad emprendedora y de innovación.

Conocer y entender los mecanismos en que se basa la investigación científica así como los mecanismos e instrumentos de transferencia de resultados entre los diferentes agentes socioeconómicos implicados en los procesos de I+D+i. adquiriendo la capacidad de ejercer de líder de un equipo de trabajo compuesto por diversos perfiles y disciplinas profesionales

CT-2 Sostenibilidad y compromiso social

Ser capaz de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.

CT-3 Tercera lengua

Tener conocimiento del inglés como tercera lengua, en un nivel adecuado de forma oral y escrita en consonancia con las necesidades de trabajar y comunicarse de forma efectiva en entornos internacionales e interculturales.

CT-4 Comunicación eficaz oral y escrita

Mejorar la capacidad de comunicación: presentaciones orales, elaboración de informes profesionales y científicos de forma clara y concisa para comunicar sus conclusiones, los conocimientos y razones últimas que la sustentan, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CT-5 Trabajo en equipo

Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinario, tanto como un miembro más, o realizando tareas de dirección con el fin de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos considerando los recursos y tiempos disponibles.

Obtener un buen conocimiento de la comunidad de métodos numéricos en ingeniería a nivel nacional e internacional

CT-6 Uso solvente de los recursos de la información

Gestionar la adquisición, estructuración, análisis y visualización de datos e información bibliográfica e informática de carácter científico y técnico y valorar de forma crítica los resultados de esta gestión.

CT-7 Aprendizaje autónomo

Detectar carencias en el propio conocimiento y superarlas mediante la reflexión crítica y la elección de la mejor actuación para ampliar este conocimiento y motivarse para proseguir la formación continua a lo largo de su vida profesional

3.3. Competencias específicas

CE-1 Conocimientos de modelización numérica práctica

Capacidad para adquirir conocimientos en modelización numérica avanzada aplicada a distintas áreas de la ingeniería tales como:

- Ingeniería civil y medioambiental
- Ingeniería mecánica y aeroespacial
- Nanoingeniería y bioingeniería
- Ingeniería naval y marina, etc.

CE-2 *Conocimientos del estado del arte en algoritmos numéricos.*

Capacidad para ponerse al día en las últimas tecnologías numéricas para la resolución de problemas de ingeniería y ciencias aplicadas.

CE-3 *Conocimientos de modelización de materiales*

Capacidad para adquirir los conocimientos relativos a los modelos físicos modernos de ciencia de materiales (modelos constitutivos avanzados) en mecánica de sólidos y de fluidos

CE-4 *Conocimientos de criterios de validación y verificación*

Capacidad de gestión de las técnicas de control de calidad de la simulación numérica (Validación y Verificación)

CE-5 *Experiencia en simulaciones numéricas*

Adquisición de soltura en las herramientas de simulación numérica modernas y su aplicación en problemas multidisciplinares de ingeniería y ciencias aplicadas.

CE-6 *Interpretación de modelos numéricos.*

Comprender la aplicabilidad y las limitaciones de las distintas técnicas de cálculo por ordenador

CE-7 *Experiencia en la programación de métodos de cálculo*

Capacidad para adquirir formación en el desarrollo y utilización de programas de cálculo existentes, así como de pre y post procesadores, conocimiento de lenguajes de programación y de librerías de cálculo estándar.

4. ACCESO Y ADMISIÓN DE ESTUDIANTES

Subapartados

4.1 Sistemas accesibles de información previa a la matriculación y procedimientos accesibles de acogida y orientación de los estudiantes de nuevo ingreso para facilitar su incorporación a la universidad y a las enseñanzas

4.2 Requisitos de acceso y criterios de admisión. Condiciones o pruebas de acceso especiales (siempre autorizadas por la Administración competente). Indicar criterios de admisión a las enseñanzas oficiales de Master así como los complementos formativos que, en su caso, establezca la universidad.

4.3 Sistemas accesibles de apoyo y orientación de los estudiantes una vez matriculados

4.4 Transferencia y reconocimiento de créditos: sistema propuesto por la Universidad

4.6 Descripción de los complementos formativos necesarios, en su caso, para el acceso al Master

4.1 Sistemas accesibles de información previa a la matriculación y procedimientos accesibles de acogida y orientación de los estudiantes de nuevo ingreso para facilitar su incorporación a la universidad y a las enseñanzas

De acuerdo con el artículo 16 del Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, modificado por el Real Decreto 861/2010, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales, podrán acceder a estos estudios quienes reúnan los requisitos exigidos para el acceso a las enseñanzas oficiales de master así como para su admisión, conforme al artículo 17 del RD antes mencionado, y cumplan con la normativa vigente de aplicación.

Plan de difusión de la titulación

Los canales que se utilizan para difundir la titulación son:

- Internet, a través de la página general de la UPC (<http://www.upc.edu/aprendre/estudis/master-universitari>) y de la página web del curso ubicada también dentro de la web de CIMNE (Cursos y Seminarios www.cimne.upc.edu).
- Jornadas de puertas abiertas y sesiones informativas
- Directorios de masteres
- Participación en Jornadas de Orientación y en Salones y Ferias de Enseñanza
- Folletos y carteles para distribuir en centros universitarios
- Difusión específica de la UPC de masteres impartidos en inglés (véase www.upc.edu/eng/education/master-and-post-graduate-courses)
- Red de Aulas CIMNE (www.cimne.com)
- Base de datos de las sociedades científicas nacionales e internacionales en el ámbito de los métodos numéricos en ingeniería (SEMNI, IACM, ECCOMAS). El secretariado de estas sociedades está ubicado en CIMNE.

Información previa a la matriculación

El estudiantado dispondrá con anterioridad a la matriculación de toda la información académica suficiente para poder planificar su proceso de aprendizaje: guías docentes de las asignaturas, horarios de las clases y las tutorías, calendario de exámenes, etc.

Acogida y orientación de los estudiantes de nuevo ingreso

Las actividades de acogida se integran en el proyecto "La UPC te informa" que facilita información sobre el procedimiento de matrícula y sobre los servicios y oportunidades que ofrece la universidad, a través de Internet (<http://www.upc.edu/aprender/vida-universitaria>) y del material que se entrega a cada estudiante en soporte papel y digital junto con la carpeta institucional. Se incluye información relativa a:

- Becas y ayudas
- Univers (www.univers.upc.edu): Servicio de Actividades Sociales de la UPC: actividades deportivas y culturales, asociaciones, etc.
- Servicio de Lenguas y Terminología de la UPC (www.upc.edu/slt): Semana de Acogida para estudiantes de nuevo ingreso, cursos de idiomas (catalán, castellano e inglés).
- Alojamiento en Barcelona

Además, la ETSECCPB organiza, en colaboración con los departamentos de RMEE y MA3 y con CIMNE, una sesión de bienvenida para sus estudiantes de postgrado de nuevo ingreso, a cargo del director del master. En dicha sesión se explican los detalles del funcionamiento del curso y las orientaciones generales sobre el plan de estudios: consejos sobre matrícula, modalidades de Trabajo de Fin de Master, opciones para cursar parte de los créditos en otros estudios, evaluación, etc.

Perfiles recomendados de ingreso

El Master en Métodos Numéricos en Ingeniería está diseñado para acoger estudiantes con capacidad para el razonamiento abstracto e interés en la resolución de problemas, además de hábito de trabajo y dedicación al estudio.

Es imprescindible disponer de formación científica previa y muy recomendable una formación matemática básica lo más sólida posible. En consonancia, una relación (no excluyente de otras opciones) de titulaciones recomendadas de acceso al master es la siguiente: ingeniería, matemáticas, física, otras ciencias aplicadas, etc.

4.2 Requisitos de acceso y criterios de admisión. Condiciones o pruebas de acceso especiales (siempre autorizadas por la Administración competente). Indicar criterios de admisión a las enseñanzas oficiales de Master así como los complementos formativos que, en su caso, establezca la universidad.

Acceso

De acuerdo con lo previsto en el artículo 16 del Real Decreto 1393/2007, modificado por el Real Decreto 861/2010, podrán acceder a enseñanzas oficiales de master quienes reúnan los requisitos exigidos:

- Estar en posesión de un título universitario oficial español u otro expedido por una institución de educación superior perteneciente a otro Estado integrante del Espacio Europeo de Educación Superior que faculte en el mismo para el acceso a enseñanzas de master.
- Así mismo, podrán acceder los titulados conforme a sistemas educativos ajenos al Espacio Europeo de Educación Superior sin necesidad de la homologación de sus títulos, previa comprobación por la Universidad de que aquellos acreditan un nivel de formación equivalente a los correspondientes títulos universitarios oficiales españoles y que facultan en el país expedidor del título para el acceso a enseñanzas de postgrado. El acceso por esta vía no implicará, en ningún caso, la homologación del título previo de que esté en posesión el interesado, ni su reconocimiento a otros efectos que el de cursar las enseñanzas de Master.

Admisión

El artículo 17 del Real Decreto 1393/2007, modificado por el Real Decreto 861/2010, regula la admisión a las enseñanzas de master y establece que los estudiantes podrán ser admitidos conforme a los requisitos específicos y criterios de valoración que establezca la universidad.

De acuerdo con la normativa académica de masteres universitarios aprobada por el Consejo de Gobierno de la Universitat Politècnica de Catalunya, los estudiantes pueden acceder a cualquier master universitario de la UPC, relacionado o no con su currículum universitario, previa admisión por parte del órgano responsable del master, de conformidad con los requisitos de admisión específicos y los criterios de valoración de méritos establecidos.

Los requisitos específicos de admisión al master son competencia del órgano responsable y tienen el objetivo de asegurar la igualdad de oportunidades de acceso a la enseñanza para estudiantes calificados suficientemente. En todos los casos, los elementos que se consideren incluirán la ponderación de los expedientes académicos de los candidatos y la acreditación de determinados conocimientos de idiomas.

El proceso de selección se podrá completar con la valoración de aspectos del currículum, como los méritos que tengan una relevancia o significación especiales en relación con el programa solicitado.

El órgano responsable del master hará públicos los requisitos específicos de admisión y los criterios de valoración de méritos y de selección de candidatos especificados antes del inicio del periodo general de preinscripción de los masteres universitarios a través de los medios que considere adecuados. En cualquier caso, estos medios tendrán que incluir siempre la publicación de esta información en el sitio web institucional de la UPC.

Asimismo, dicho órgano responsable resolverá las solicitudes de acceso de acuerdo con los criterios mencionados y publicará el listado de estudiantes admitidos.

Requisitos específicos de admisión:

El master de Métodos Numéricos en Ingeniería está abierto a estudiantes con perfiles de ingreso recomendado muy diversos, desde graduados en matemáticas o física hasta ingenieros de distintas especialidades.

Criterios de valoración de méritos y selección:

En el proceso de admisión se tendrán en cuenta los siguientes elementos, con los pesos indicados: expediente académico (70 %), currículum (10 %), carta de motivación y/o entrevista personal (10 %) y dos cartas de recomendación de profesores/investigadores o de ingenieros cualificados de empresas que conozcan a los futuros alumnos (10 %). Estos criterios se publicarán en la web del master. La puntuación final se utilizará como criterio de admisión en el supuesto de que la demanda supere la oferta.

Órganos y mecanismos de coordinación docente

La Comisión de Gestión del Master Universitario en Métodos Numéricos en Ingeniería, cuya misión es coordinar la oferta formativa y asegurar su calidad, estará compuesta por:

- El Director del master, que la presidirá
- Tres personas nombradas por la ETSECCPB y los Deptos de RMEE y Matemática Aplicada III de la UPC.
- Un estudiante, en representación de los estudiantes matriculados en el master

Las funciones de la Comisión de Gestión del Master Universitario en Métodos Numéricos en Ingeniería son:

- Asumir, de acuerdo con la legislación vigente, el establecimiento de criterios de admisión y selección de estudiantes, el proceso de selección y la evaluación de aprendizajes previos
- Aprobar las candidaturas para la admisión y selección y los sistemas de reclamación
- Establecer los complementos formativos que los alumnos pudieran necesitar, en caso necesario.
- Seguir, en el proceso de admisión, los procedimientos estipulados por la Generalitat de Catalunya y velar por el cumplimiento de la normativa académica sobre este tema
- Desarrollar un protocolo y un plan para distribuir y publicitar el master
- Informar sobre las condiciones de convenios de colaboración
- Responsabilizarse del funcionamiento general del programa, de estimular y coordinar la movilidad y de analizar los resultados que garanticen la calidad del master
- Elaborar el plan de usos e infraestructuras y servicios compartidos que potencie el rendimiento del estudiante: de aularios, de espacios docentes, etc.
- Plantear propuestas de mejora a través del análisis de los puntos débiles y de las potencialidades del master, así como establecer mecanismos para hacer un seguimiento de la implantación.
- Establecer la periodicidad de sus reuniones y el sistema de toma de decisiones para llegar a los acuerdos correspondientes
- Decidir sobre los aspectos docentes que no estén regulados por las disposiciones legales o por la normativa de la universidad
- Definir y publicar los mecanismos, calendario y procedimiento para que los reconocimientos académicos se hagan efectivos en los expedientes del alumnado susceptible

4.3 Apoyo a los estudiantes. Sistemas accesibles de apoyo y orientación de los estudiantes una vez matriculados

Los mecanismos de apoyo y orientación a los estudiantes ya matriculados son los siguientes:

- El Director del curso, que atiende las consultas de los estudiantes en su despacho.
- El tutor. A cada estudiante se le asigna un tutor en el momento de acceder al master, que lo orienta en cuestiones académicas. Dicho tutor puede ser el propio Director del master, el profesor responsable de una asignatura o cualquier otro profesor del master.

La acción tutorial se plantea en la titulación como un servicio de atención al estudiantado, mediante el cual el profesorado orienta, informa y asesora de forma personalizada.

La orientación que propicia la tutoría constituye un soporte al alumnado para facilitar su adaptación a la universidad. Se persigue un doble objetivo:

- Realizar un seguimiento en cuanto a la progresión académica
 - Asesorar respecto a la trayectoria curricular y el proceso de aprendizaje (métodos de estudio, recursos disponibles)
- La secretaría del curso, que orienta en cuestiones administrativas, ya sea presencialmente o a través de la e-secretaría.

4.4. Sistema de transferencia y reconocimiento de créditos: sistema propuesto por la Universidad

En aplicación del artículo 6 del Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales, modificado por el Real Decreto 861/2010, el Consejo de Gobierno de esta universidad ha aprobado la Normativa Académica de los estudios de Masteres Universitarios de la UPC. Esta normativa, de aplicación a los estudiantes que cursen enseñanzas oficiales conducentes a la obtención de un título de master, es pública y requiere la aprobación de los Órganos de Gobierno de la universidad en caso de modificaciones.

En dicha normativa se regulan, de acuerdo a lo establecido en el artículo 6 antes mencionado, los criterios y mecanismos de reconocimiento de créditos obtenidos en unas enseñanzas oficiales, en la misma u otra universidad, que son computados a efectos de la obtención de un título oficial, así como el sistema de transferencia de créditos.

Asimismo, y de acuerdo a lo establecido en el Real Decreto 861/2010, podrán ser objeto de reconocimiento los créditos cursados en otras enseñanzas superiores oficiales o enseñanzas universitarias conducentes a la obtención de otros títulos, a los que se refiere el artículo 34.1 de la Ley Orgánica 6/2001, de 21 de diciembre, de Universidades.

La experiencia laboral y profesional acreditada también podrá ser reconocida en créditos que computarán a efectos de obtención de un título oficial, siempre y cuando dicha experiencia esté relacionada con las competencias inherentes a dicho título.

El número total de créditos que se pueden reconocer por experiencia laboral o profesional y por enseñanzas universitarias no oficiales no podrá ser superior, en su conjunto, al 15% del total de créditos del plan de estudios. El reconocimiento de estos créditos no incorpora calificación, por lo que no computan a efectos de baremación del expediente.

No obstante lo anterior y de forma excepcional, los créditos procedentes de títulos propios podrán ser objeto de reconocimiento en un porcentaje superior al 15%, o en su caso, ser objeto de reconocimiento en su totalidad, siempre que el correspondiente título propio haya sido extinguido y sustituido por un título oficial. En este caso, se ha de hacer constar tal circunstancia en la memoria de verificación del plan de estudios, tal y como se indica en el artículo 6.4 del Real Decreto 861/2010.

El trabajo o proyecto de fin de master, tal y como establece el Real Decreto 861/2010, no será reconocido en ningún caso, en consecuencia, el estudiante ha de matricular y superar estos créditos definidos en el plan de estudios.

También se definen unos criterios de aplicación general, los cuales se detallan a continuación:

- Los reconocimientos se harán siempre a partir de las asignaturas cursadas en los estudios de origen, nunca a partir de asignaturas convalidadas, adaptadas o reconocidas previamente.
- Cuando los estudios de procedencia son oficiales o bien son títulos propios que se han extinguido y se han sustituido por un título oficial de master universitario, los reconocimientos conservarán la calificación obtenida en los estudios de origen y computarán a efectos de baremación del expediente académico.
- No se podrán realizar reconocimientos en un programa de master universitario de créditos cursados en unos estudios de grado o de primer ciclo, si éste pertenece a la anterior ordenación de estudios, ni de créditos obtenidos como asignaturas de libre elección cursadas en el marco de unos estudios de primer, segundo y primer y segundo ciclo.
- Con independencia del número de créditos que sean objeto de reconocimiento, para tener derecho a la expedición de un título de master de la UPC se han de haber matriculado y superado un mínimo de 60 créditos ECTS, en los que no se incluyen créditos reconocidos o convalidados de otras titulaciones de origen oficiales o propias, ni el reconocimiento por experiencia laboral o profesional acreditada. En consecuencia, no se podrá realizar ningún reconocimiento en programas de master de 60 ECTS.
- El reconocimiento de créditos tendrá los efectos económicos que fije anualmente el decreto por el que se establecen los precios para la prestación de servicios académicos en las universidades públicas catalanas, de aplicación en las enseñanzas conducentes a la obtención de un título oficial con validez en todo el territorio nacional.

Para el reconocimiento de créditos obtenidos en titulaciones propias, ha de haber una equivalencia respecto a las competencias específicas y/o transversales y a la carga de trabajo para el estudiante entre las asignaturas de ambos planes de estudio. Igualmente, para proceder a dicho reconocimiento las enseñanzas universitarias no oficiales (títulos propios) de origen han de cumplir las siguientes condiciones:

- Han de ser de nivel de postgrado.
- Han de estar inscritas en el Registro de Universidades, Centros y Títulos (RUCT) o haber sido aprobadas por el Consejo de Gobierno de una universidad dentro de su programación universitaria.
- Han de tener una duración mínima de 60 ECTS.
- Las condiciones de acceso al título propio objeto de reconocimiento han de ser como mínimo las exigidas para acceder a un título de master.

Respecto al reconocimiento de créditos por experiencia laboral o profesional acreditada, únicamente se reconocerán créditos en los planes de estudio de master que contemplen prácticas externas con carácter obligatorio o el reconocimiento de créditos optativos por la realización de estas prácticas. El número máximo de créditos a reconocer será el establecido en el plan de estudios al efecto, siempre y cuando no se supere el 15% de los créditos de la titulación establecido con carácter general, incluyendo el reconocimiento procedente de títulos propios.

Referente al procedimiento para el reconocimiento de créditos, el estudiante deberá presentar su solicitud en el periodo establecido a tal efecto junto con la documentación acreditativa establecida en cada caso y de acuerdo al procedimiento establecido al respecto.

El órgano responsable del Master, por delegación del rector o rectora, resolverá las solicitudes de reconocimiento de los estudiantes. Asimismo, este órgano define y hace públicos los mecanismos, calendario y procedimiento para que los reconocimientos se hagan efectivos en el expediente correspondiente.

La transferencia de créditos implica que, en los documentos académicos oficiales acreditativos de las enseñanzas seguidas por cada estudiante, se incluirán la totalidad de los créditos obtenidos en enseñanzas oficiales cursadas con anterioridad, en la misma u otra universidad, que no hayan conducido a la obtención de un título oficial.

Todos los créditos obtenidos por el estudiante en enseñanzas oficiales cursadas en cualquier universidad, los reconocidos y los superados para la obtención del correspondiente título, así como los transferidos, serán incluidos en su expediente académico y reflejados en el Suplemento Europeo al Título, regulado en el Real Decreto 1044/2003, de 1 de agosto, por el que se establece el procedimiento para la expedición por las universidades del Suplemento Europeo al Título.

La transferencia de créditos se realizará a petición del estudiante mediante solicitud dirigida a la unidad responsable de la gestión del master, acompañado del correspondiente certificado académico oficial que acredite los créditos superados.

La resolución de la transferencia de créditos no requerirá la autorización expresa del órgano responsable del master. Una vez la unidad responsable de la gestión compruebe que la documentación aportada por el estudiante es correcta, se procederá a la inclusión en el expediente académico de los créditos transferidos.

En el caso de créditos obtenidos en titulaciones propias, no procederá la transferencia de créditos.

4.6 Descripción de los complementos formativos necesarios, en su caso, para el acceso al Master

Como se ha dicho anteriormente, el master de Métodos Numéricos en Ingeniería está abierto a estudiantes con perfiles de ingreso recomendado muy diversos, desde graduados en matemáticas o física hasta ingenieros de distintas especialidades. No está previsto solicitar complementos de formación a los estudiantes cuyo expediente académico permita su admisión.

No obstante la Comisión de Gestión del Máster Universitario en Métodos Numéricos en Ingeniería podrá establecer los complementos formativos que los alumnos pudieran necesitar, en caso necesario, y en ningún caso serán más de 30 ECTS.

5. PLANIFICACION DE LAS ENSEÑANZAS

Subapartados

5.1. Descripción del plan de estudios y procedimientos para la organización de la movilidad de estudiantes propios y de acogida (incluir el sistema de reconocimientos y acumulación de créditos)

5.2. Actividades formativas

5.3. Metodologías docentes

5.4. Sistemas de evaluación

5.5. Nivel 1

5.3. Descripción de los módulos o materias de enseñanza-aprendizaje que constituyen la estructura del plan de estudios, incluyendo las prácticas externas y el trabajo fin de Grado o Master

5.1 Descripción del plan de estudios y procedimientos para la organización de la movilidad de estudiantes propios y de acogida (incluir el sistema de reconocimientos y acumulación de créditos)

5.1.1 Descripción del plan de estudios

Como se ha dicho anteriormente, el régimen de estudios podrá ser a tiempo completo o a tiempo parcial. Para los estudiantes que decidan seguir el master a **tiempo completo**, la duración prevista es de cuatro semestres académicos de 30 ECTS cada uno. Para los estudiantes que opten por la versión a **tiempo parcial**, la duración prevista es de siete semestres académicos.

El siguiente cuadro muestra la organización por semestres del curso haciendo referencia a las materias y asignaturas referidas en el apartado 5.4 y 5.1.1.

Este cuadro corresponde a la distribución de créditos para aquellos estudiantes que sigan el master a tiempo completo. Aquellos que lo cursen a tiempo parcial podrán completar los tres primeros semestres indicados en seis semestres como máximo, cursando un mínimo de 15 ECTS en cada uno de ellos.

Durante el **primer semestre** el alumno deberá seguir cinco asignaturas de carácter obligatorio y completar el requerimiento de los 30 ECTS con las asignaturas ofertadas en los módulos optativos.

El bloque correspondiente al **segundo semestre** consta de varias asignaturas de las que un estudiante habrá de cursar un total de 30 ECTS siendo algunas de ellos de carácter obligatorio.

Durante el **tercer semestre** los alumnos realizarán una estancia en una o varias empresas por un periodo entre 10 y 16 semanas. Para garantizar éstas prácticas profesionales en el master se orientará a los estudiantes a que realicen su trabajo de fin de master en un tema propuesto por una empresa y, en la medida de lo posible, en la propia empresa. En cualquier caso, la dirección de la tesis deberá contar con un tutor de la Universidad. Conviene recordar en este punto la extensa y cualificada experiencia de CIMNE en colaboraciones con empresas nacionales e internacionales en el ámbito de la especialidad del master, que avalan la capacidad profesionalizadora del master.

Dentro de este tercer semestre los estudiantes deberán cursar algunos créditos de carácter eminentemente docente, como son los de "Espíritu empresarial para ingenieros" y "Habilidades de comunicación en un segundo idioma" (ver más adelante). Estos cursos están pensados para ser impartidos con una importante participación del sector empresarial, razón por la cual se han mantenido en un mismo módulo que las prácticas en empresas.

En el Trabajo de fin de Master, a realizar **durante el cuarto semestre**, los alumnos aplicarán sus conocimientos sobre métodos numéricos para resolver un problema concreto de ingeniería, o bien al desarrollo de un trabajo de investigación. Se valorará muy positivamente que el tema de la tesis sea propuesto por una empresa y que contribuya a resolver un problema de interés práctico que se realice en colaboración con otro centro europeo. Por lo tanto, se valorará también muy positivamente que la dirección de la tesis sea compartida entre un profesor de la Universidad y un investigador de la Industria u otro investigador de un centro extranjero.

Semestre 1, 30 ECTS	Semestre 2, 30 ECTS	Semestre 3, 30 ECTS	Semestre 4, 30 ECTS
MÓDULO DE FORMACIÓN COMÚN OBLIGATORIA	MÓDULO DE FORMACIÓN COMÚN OBLIGATORIA	MÓDULO DE FORMACIÓN PROFESIONAL	MÓDULO DE TRABAJO DE FIN DE MASTER
Materias	Materias	Materia	Materia
Fundamentos Numéricos (15 ECTS)	Mecánica Computacional (20 ECTS)	Formación profesional (30 ECTS)	Trabajo fin de master (30 ECTS)
Mecánica Computacional (10 ECTS)	MODULO DE FORMACIÓN COMÚN OPTATIVA		
MODULO DE FORMACIÓN COMÚN OPTATIVA	Materias (10 ECTS mínimo)		
Materias (5 ECTS mínimo)	Herramientas de cálculo		
Herramientas de cálculo	Aplicaciones multidisciplinares		

5.1.2 Descripción de la movilidad prevista y sus mecanismos de gestión y control de la movilidad

Los estudiantes podrán realizar el trabajo de fin de master en cualquiera de los muchos centros españoles e internacionales que tienen relaciones con los promotores del master y con CIMNE.

Se contará con colaboraciones puntuales de profesores de otros centros de referencia en Europa para temas concretos de algunas asignaturas y para seminarios, tal como ya se viene haciendo desde su inicio en el Master de Métodos Numéricos en Ingeniería.

5.1.3 Descripción de los mecanismos de coordinación docente

La responsabilidad de la coordinación docente del curso irá a cargo de la Comisión de Gestión del Master como se ha indicado en el apartado 4.2, en particular:

- Responsabilizarse del funcionamiento general del programa, de estimular y coordinar la movilidad y de analizar los resultados que garanticen la calidad del master
- Plantear propuestas de mejora a través del análisis de los puntos débiles y de las potencialidades del master, así como establecer mecanismos para hacer un seguimiento de la implantación.
- Establecer la periodicidad de sus reuniones y el sistema de toma de decisiones para llegar a los acuerdos correspondientes
- Decidir sobre los aspectos docentes que no estén regulados por las disposiciones legales o por la normativa de la universidad
- Definir y publicar los mecanismos, calendario y procedimiento para que los reconocimientos académicos se hagan efectivos en los expedientes del alumnado susceptible

Así mismo, la Comisión de Gestión del Master, se encargará de coordinar las prácticas en empresas, revisando los informes que emitan los responsables de cada alumno y su tutor. Otra actividad a desarrollar es la proporcionar una oferta de empresas en las que realizar las prácticas a los estudiantes.

La Comisión de Gestión del Master evaluará la posibilidad de reconocimiento de créditos optativos siempre que este reconocimiento se ajuste a la normativa vigente.

5.2. Actividades formativas

AF1: Trabajo en colaboración dentro de un grupo.

AF2: Trabajo individual.

AF3: Resolución de problemas prácticos.

AF4: Evaluación continua.

AF5: Práctica de laboratorio informático.

AF6: Práctica en empresas.

AF7: Tutoría personalizada.

AF8: Clases teóricas.

5.3. Metodologías docentes

MD1 - Clase magistral.

MD2 - Clase expositiva interactiva con el alumno.

MD3 – Seminarios.

MD4 – Clases practicas.

MD5 – Tutorías.

MD6 - Clase expositiva con el alumno.

MD7 – Tutorías en web.

5.4. Sistemas de evaluación

EV1 Evaluación final con libro abierto.

EV2 Evaluación final sin libro abierto.

EV3 Evaluación por ejercicios a lo largo del curso.

EV4 Evaluación mediante un tribunal.

5.5.1 Nivel 1

Código	Nivel 1 – Módulos
1	<p><i>Formación común obligatoria (45 ECTS)</i></p> <p><u>Materias</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Fundamentos numéricos (15 ECTS)</i> • <i>Mecánica computacional (30 ECTS)</i>
2	<p><i>Formación común optativa (38 ECTS)</i></p> <p><u>Materias</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Herramientas de cálculo (14 ECTS)</i> • <i>Aplicaciones multidisciplinares (24 ECTS)</i>
3	<p><i>Formación profesional (30 ECTS)</i></p> <p><u>Materias</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Formación profesional (30 ECTS)</i>
4	<p><i>Trabajo de fin de Master (30 ECTS)</i></p> <p><u>Materia</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Trabajo de fin de master (30 ECTS)</i>

5.5.1 Nivel 2**1 Módulo de formación común obligatoria**

Código	Nivel 2 – Materia de Fundamentos Numéricos (15 ECTS)
1.1	<i>Introducción al Método de los Elementos Finitos (5 ECTS)</i>
1.2	<i>Métodos numéricos para ecuaciones en derivadas parciales (5 ECTS)</i>
1.3	<i>Técnicas de Pre y Post proceso gráfico (5 ECTS)</i>

Código	Nivel 2 – Materia de Mecánica Computacional (30 ECTS)
1.4	<i>Mecánica de medios continuos (5 ECTS)</i>
1.5	<i>Programación de ondas y electromagnetismo (5 ECTS)</i>
1.6	<i>Mecánica de sólidos computacional. (5 ECTS)</i>
1.7	<i>Elementos finitos en fluidos (5 ECTS)</i>
1.8	<i>Análisis avanzado de estructuras (5 ECTS)</i>
1.9	<i>Mecánica de fluidos computacional (5 ECTS)</i>

2 Módulo de formación común optativa

Código	Nivel 2 – Materia de Herramientas de Cálculo (14 ECTS)
2.1	<i>Programación en ciencias e ingeniería (5 ECTS)</i>
2.2	<i>Métodos de verificación en mecánica computacional (3 ECTS)</i>
2.3	<i>Seminarios en mecánica computacional (6 ECTS)</i>

Código	Nivel 2 – Materia de Aplicaciones Multidisciplinares (24 ECTS)
2.4	<i>Geomecánica (3 ECTS)</i>
2.5	<i>Optimización (3 ECTS)</i>
2.6	<i>Problemas acoplados (3 ECTS)</i>
2.7	<i>Procesos de fabricación por conformado (3 ECTS)</i>
2.8	<i>Mecánica computacional multiescala (3 ECTS)</i>
2.9	<i>Dinámica de cuerpos y estructuras (3 ECTS)</i>
2.10	<i>Problemas de interacción fluido estructura (3 ECTS)</i>
2.11	<i>Modelización de problemas ambientales (3 ECTS)</i>

3 Módulo de formación profesional

Código	Nivel 2 – Materia de Formación Profesional (30 ECTS)
3.1	<i>Prácticas en empresas (15 ECTS)</i>
3.2	<i>Espíritu empresarial para ingenieros (7.5 ECTS)</i>
3.3	<i>Habilidades de comunicación en un segundo idioma (7.5 ECTS)</i>

4 Módulo de Trabajo fin de Master

Código	Nivel 2 – Materia de Trabajo de Fin de Master (30 ECTS)
4.1	<i>Trabajo de fin de Master (30 ECTS)</i>

Nivel 2 - Descripción de las materias que forman parte de los módulos:

Denominación de la materia	<i>FUNDAMENTOS NUMÉRICOS</i>
Número de ECTS	<i>15 ECTS</i>
Carácter de la materia	<i>Obligatoria</i>
Distribución de los créditos por cuatrimestre	<i>15 ECTS / 1er Cuatrimestre</i>
Competencias y resultados del aprendizaje que el estudiante adquiere con la materia	
<p>Competencias específicas:</p> <p><i>CE-1 Conocimientos de modelización numérica práctica</i> <i>CE-3 Conocimientos de modelización de materiales</i> <i>CE-5 Experiencia en simulaciones numéricas</i> <i>CE-6 Interpretación de modelos numéricos</i> <i>CE-7 Experiencia en la programación de simulaciones numéricas</i></p> <p>Competencias generales</p> <p><i>CG-1 Conocimiento de los métodos numéricos y mecanismos de solución</i> <i>CG-2 Conocimiento de las teorías y aplicaciones de los métodos numéricos</i> <i>CG-3 Experiencia en la solución de problemas mediante los métodos numéricos</i> <i>CG-6 Modelización numérica de problemas reales</i> <i>CG-7 Independencia crítica</i> <i>CG-8 Conocimiento de los alcances de los métodos numéricos</i> <i>CG-9 Independencia investigadora</i></p> <p>Competencias transversales:</p> <p><i>CT-1 Capacidad emprendedora y de innovación</i> <i>CT-2 Sostenibilidad y compromiso social</i> <i>CT-3 Tercera lengua</i> <i>CT-4 Comunicación eficaz oral y escrita</i> <i>CT-5 Trabajo en equipo</i> <i>CT-6 Uso solvente de los recursos de la información</i> <i>CT-7 Aprendizaje autónomo</i></p> <p>Resultado del aprendizaje</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ El alumno será capaz de entender y asimilar los fundamentos del análisis lineal de elementos finitos, obtener la forma débil de la formulación variacional y su solución, así como conocer la estructura básica de un programa de elementos finitos. ✓ Comprender porque el método de los elementos finitos se aproxima a la solución de las PDE, considerando los errores de truncamiento, consistencia convergencia y estabilidad de la solución de un sistema lineal de ecuaciones y problemas de autovalores ✓ Resolver a mano problemas lineales de mecánica y transferencia de calor utilizando EF al tiempo de ser capaz de utilizar adecuadamente un código de EF para obtener resultados de problemas de ingeniería. ✓ El alumno deberá entender y formular procedimientos numéricos para solucionar problemas típicos, identificando el método mas adecuado para la correspondiente PDE. ✓ Entender los métodos numéricos que tienen mayor relevancia en el cálculo y diseño en ingeniería: los problemas de contorno y valor inicial para ecuaciones de conservación ✓ Desarrollar la capacidad de abstracción y síntesis, comprendiendo la estructura 	

de espacio vectorial y concepto de linealidad.

- ✓ El alumno deberá adquirir independencia en sus estudios. Ser capaz de implementar y utilizar programas de ordenador para solucionar problemas tipo e interpretar con fundamento los resultados obtenidos.
- ✓ El alumno será capaz de entender y asimilar los pasos básicos para la generación de una malla; ventajas y desventajas de los algoritmos de generación más comúnmente usados, así como de conocer los fundamentos de la visualización científica
- ✓ El alumno deberá entender e identificar las diferentes causas de problemas para una representación de CAD, corregir las características del modelo gráfico y generar una malla. Igualmente debe ser capaz de seleccionar la técnica adecuada de visualización acorde con el tipo de variable a visualizar.
- ✓ El alumno deberá ser capaz de implementar y utilizar programas de ordenador así como herramientas de mallado para solucionar problemas sólidos y fluidos.

Observaciones

Actividades formativas. Modalidad Presencial	Horas	% Presencial
AF1: Trabajo en colaboración dentro de un grupo	40	10%
AF2: Trabajo individual	112	0%
AF3: Resolución de problemas prácticos	90	10%
AF4: Evaluación continua	15	100%
AF5: Practica de laboratorio informático	30	20%
AF7: Tutoría personalizada	3	100%
AF8: Clases teóricas	85	100%
TOTAL	375	32%

Actividades formativas. Modalidad a Distancia	Horas	% En web
AF1: Trabajo en colaboración dentro de un grupo	20	90%
AF2: Trabajo individual	185	5%
AF3: Resolución de problemas prácticos	60	50%
AF4: Evaluación continua	15	100%
AF5: Practica de laboratorio informático	50	20%
AF7: Tutoría personalizada	20	100%
AF8: Clases teóricas	25	100%
TOTAL	375	34%

Metodologías docentes

MD1 - Clase magistral

MD2 - Clase expositiva interactiva con el alumno

MD3 - Seminarios

MD4 - Clases practicas

MD5 - Tutorías

MD6 - Clase expositiva con el alumno

MD7 - Tutorías en web

Sistema de evaluación de la adquisición de las competencias y sistema de calificaciones; peso máximo y mínimo de cada método evaluativo.

EV1 Evaluación final con libro abierto

50 % 35%

EV2 Evaluación final sin libro abierto	50 % 35%
EV3 Evaluación por ejercicios a lo largo del curso	100 % 30%

Breve descripción de contenidos de cada materia

Los contenidos de esta materia se reparten en los tres cursos siguientes:

1.1-Introducción al Método de los Elementos Finitos (5 ECTS)

Este curso introduce al alumno en los conceptos básicos del Método de los elementos finitos, incluyendo los planteamientos de la formulación básica, análisis de los métodos obtenidos y aspectos esenciales de su implementación. Se analizarán problemas lineales de aspecto práctico como la transferencia de calor y la elasticidad, complementándose con ejercicios prácticos.

- Introducción al método de los elementos finitos
- Errores
- Sistemas lineales de ecuaciones
- Aproximación e interpolación
- Integración numérica
- Sistemas discretos y sistemas continuos. Introducción al MEF
- Resolución por el MEF de problemas unidimensionales.
- Aplicación a la ecuación de Poisson
- Elementos finitos unidimensionales más avanzados
- Aplicación del MEF a la ecuación de Poisson en dos dimensiones
- Aplicación del MEF a la ecuación de Poisson en tres dimensiones
- Formulación matricial de la solución del problema de Poisson por el MEF
- Obtención de las funciones de forma de elementos bi y tridimensionales de clase C0
- Elementos isoparamétricos bi y tridimensionales
- Problemas de elasticidad bidimensional

Recursos para el aprendizaje:

- Notas de clase.
- Zienkiewicz, O.C.; Morgan, K., Finite elements and approximation, Wiley, 1983
- Hughes, T.J.R., The finite element method, Prentice-Hall, 1987
- Henwood, D.J., Bonet, J., Finite elements – A gentle introduction, Macmillan, 1997
- Zienkiewicz, O.C.; Taylor, R.L., The finite element method: 1 basic formulation and linear problems, Elsevier, 2005
- Huerta, A.; Sarrate, J.; Rodríguez-Ferran, A. Métodos numéricos. Introducción, aplicaciones y programación. Edicions UPC, 1999
- Trefethen, L.N. & Bau, D., Numerical linear algebra, SIAM, 1996
- Saad, Y., Iterative methods for sparse linear systems. Academic Press, 2000
- Burden, R.L.; Faires, J.D. Análisis numérico. Sexta edición. International Thomson Editores, 1998.

1.2-Métodos numéricos para ecuaciones en derivadas parciales (5 ECTS)

El curso presenta los fundamentos modernos y clásicos de los métodos numéricos para la solución de ecuaciones diferenciales lineales y no lineales. Se presenta la aplicación a una amplia variedad de problemas en ciencias, ingeniería y otros campos.

Los temas a tratar incluyen diferencias finitas, volúmenes finitos y

elementos de contorno.

Distintos tipos de discretizaciones y un amplio bosquejo de los métodos directos e iterativos para solucionar los sistemas de ecuaciones. Igualmente se tratarán temas para la solución numérica del problema de autovalores y autovectores.

- Revisión de las ecuaciones diferenciales.
- Métodos de diferencias finitas para ecuaciones elípticas.
- Métodos de diferencias finitas para ecuaciones parabólicas (incluyendo aspectos de consistencia, estabilidad y convergencia)
- Métodos de diferencias finitas para ecuaciones hiperbólicas
- Introducción a los volúmenes finitos
- Introducción a los métodos integrales y elementos de contorno
- Técnicas de solución:
 - a. Métodos directos y su implementación
 - b. Métodos iterativos (estacionarios y métodos de Krylov)
 - Problemas no lineales.
 - Métodos de Newton-Raphson.
 - Métodos de Cuasi-Newton.
 - Métodos de Newton-Secantes.
 - Desarrollos numéricos de los métodos NR, QN y SN.
 - Minimización unidimensional.
 - Control de longitud de arco
 - c. Técnica de solución del problema de autovalores

Recursos para el aprendizaje:

- Notas de clase
- Hoffman, J.D., Numerical Methods for engineers and scientists, McGraw-Hill, 1992
- Smith, G.D., Numerical Solution of Partial Differential Equations, Oxford University Press, 1986
- Further readings:
 - Leveque, R., Numerical Methods for Conservation Laws, Lectures in Mathematics, ETH Zürich, 1992
 - Vila, A.; Rodríguez-Ferran, A.; Huerta, A. Métodos numéricos para sistemas no lineales de ecuaciones.
 - Iterative methods for nonlinear systems of equations: an introduction. Laboratori de Càlcul Numèric.
 - Dennis, J.E.; Schnabel, R.B. Numerical methods for unconstrained optimization and nonlinear equations. Prentice-Hall Series in Computational Mathematics, 1983., Reimpreso en Classics in Applied Mathematics, SIAM, 1996.

1.3-Técnicas de Pre y Post proceso gráfico (5 ECTS)

El curso se presenta como una introducción del primero y del último paso en la simulación numérica. Esto es, presenta las técnicas numéricas involucradas en el pre y post proceso. Por un lado, las principales técnicas que permiten construir mallas desde un modelo en CAD y por otro lado las técnicas numéricas de visualización de campos discretos sobre una malla. Estas técnicas son introducidas resolviendo ejercicios prácticos utilizando un paquete comercial (GiD)

- Representación geométrica.
- Revisión de los algoritmos de mallado.
- Generación de mallas estructuradas.
- Generación de mallas de triángulos y tetraedros.
- Generación de mallas de cuadriláteros y hexaedros.
- Técnicas de mejora de la calidad del mallado.

- Fundamentos de la visualización científica.
- Técnicas de representación de un campo discreto.
- Estimación de error y adaptabilidad.
- Resolución de problemas prácticos de ingeniería, interpretación y visualización de resultados

Recursos para el aprendizaje:

- Notas de clase.
- Faux D. and Pratt M.J. Computational Geometry for Design and Manufacture, Elli Horwood Publishers, 1987.
- Thompson J.F., Soni B.K., and Weatherill N.P, Handbook of Grid Generation, CRC press, 1999
-
- Schroeder W., Martin K., Lorensen B., The Visualization Toolkit An Object-Oriented Approach To 3D Graphics, Kitware, Inc, 2002

Lengua/s de impartición

Ingles, Castellano

Denominación de la materia	<i>MECÁNICA COMPUTACIONAL</i>
Número de ECTS	<i>30 ECTS</i>
Carácter de la materia	<i>Obligatoria</i>
Distribución de los créditos por cuatrimestre	<i>10 ECTS / 1er Cuatrimestre 20 ECTS / 2do Cuatrimestre</i>
Competencias y resultados del aprendizaje que el estudiante adquiere con la materia	
<p>Competencias específicas:</p> <p><i>CE-1 Conocimientos de modelización numérica práctica</i> <i>CE-2 Conocimientos del estado del arte en algoritmos numéricos</i> <i>CE-3 Conocimientos de modelización de materiales</i> <i>CE-5 Experiencia en simulaciones numéricas</i> <i>CE-6 Interpretación de modelos numéricos</i> <i>CE-7 Experiencia en la programación de simulaciones numéricas</i></p> <p>Competencias generales</p> <p><i>CG-1 Conocimiento de los métodos numéricos y mecanismos de solución</i> <i>CG-2 Conocimiento de las teorías y aplicaciones de los métodos numéricos</i> <i>CG-3 Experiencia en la solución de problemas mediante los métodos numéricos</i> <i>CG-4 Consolidación de los criterios de aplicación de los métodos numéricos</i> <i>CG-5 Conocimiento de las redes sociales en el entorno de los métodos numéricos</i> <i>CG-6 Modelización numérica de problemas reales</i> <i>CG-7 Independencia crítica</i> <i>CG-8 Conocimiento de los alcances de los métodos numéricos</i> <i>CG-9 Independencia investigadora</i></p> <p>Competencias transversales:</p> <p><i>CT-1 Capacidad emprendedora y de innovación</i> <i>CT-2 Sostenibilidad y compromiso social</i> <i>CT-3 Tercera lengua</i> <i>CT-4 Comunicación eficaz oral y escrita</i> <i>CT-5 Trabajo en equipo</i> <i>CT-6 Uso solvente de los recursos de la información</i> <i>CT-7 Aprendizaje autónomo</i></p> <p>Resultado del aprendizaje</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ El alumno será capaz de entender y asimilar los fundamentos de la mecánica de sólidos identificando los aspectos más importantes en la modelación de un material, como los mecanismos de disipación asociados al comportamiento no lineal. Debe ser capaz de interpretar el significado físico de las propiedades del material e identificar correctamente los métodos numéricos para la solución de los problemas de mecánica de sólidos con su aplicación en la elasticidad y conocer los fundamentos de la mecánica de fluidos ✓ Conocer los fundamentos teóricos y prácticos del método de los elementos finitos para el análisis de estructuras bajo cargas dinámicas y estáticas; identificar los aspectos teóricos fundamentales para cada topología estructural y los aspectos computacionales inherentes a estas ✓ Identificar adecuadamente las teorías asociadas a cada topología estructural para el correcto análisis con el método de los elementos finitos (MEF), para ser capaz de analizar las topologías estructurales comúnmente encontradas en la practica mediante el MEF utilizando códigos comerciales y al tiempo ser capaz de desarrollar un código propio con los aspectos básicos 	

- ✓ Conocer los fundamentos del comportamiento de las aproximaciones numéricas a la dinámica de fluidos: Sus ecuaciones, las discretizaciones espaciales y temporales y los aspectos matemáticos más relevantes como la estabilización de la convección y la incompresibilidad, entendiendo los aspectos más importantes en la discretización espacial y temporal así como identificar las correctas condiciones de contorno y los métodos mas adecuados para la solución de los diversos problemas de dinámica de fluidos.
- ✓ El alumno desarrollara habilidades practicas para manejar tensores, formular y realiza análisis de diversos problemas de ingeniería en sólidos y fluidos.

Observaciones	
----------------------	--

Actividades formativas Presenciales	Horas	% Presencial
AF1: Trabajo en colaboración dentro de un grupo	80	10%
AF2: Trabajo individual	224	0%
AF3: Resolución de problemas prácticos	180	10%
AF4: Evaluación continua	30	100%
AF5: Practica de laboratorio informático	60	20%
AF7: Tutoría personalizada	6	100%
AF8: Clases teóricas	170	100%
TOTAL	750	32%

Actividades formativas a Distancia	Horas	% En web
AF1: Trabajo en colaboración dentro de un grupo	40	90%
AF2: Trabajo individual	370	5%
AF3: Resolución de problemas prácticos	120	50%
AF4: Evaluación continua	30	100%
AF5: Practica de laboratorio informático	100	20%
AF7: Tutoría personalizada	40	100%
AF8: Clases teóricas	50	100%
TOTAL	750	34%

Metodologías docentes

MD1 - Clase magistral

MD2 - Clase expositiva interactiva con el alumno

MD3 - Seminarios

MD4 - Clases practicas

MD5 - Tutorías

MD6 - Clase expositiva con el alumno

MD7 - Tutorías en web

Sistema de evaluación de la adquisición de las competencias y sistema de calificaciones; peso máximo y mínimo de cada método evaluativo.

EV1 Evaluación final con libro abierto	50 % 35%
EV2 Evaluación final sin libro abierto	50 % 35%
EV3 Evaluación por ejercicios a lo largo del curso	100 % 30%

Breve descripción de contenidos de cada materia

Los contenidos de esta materia se reparte en los seis cursos siguientes:

1.4-Mecánica de medios continuos (5 ECTS)

Es un curso completo en mecánica no lineal del medio continuo enfocado a ingenieros. Se realiza una profunda revisión de los conceptos fundamentales, incluido el movimiento, deformaciones, esfuerzos, balance de leyes de balance, principios variacionales y una introducción a la plasticidad computacional.

- Álgebra tensorial (definiciones, invariantes, gradientes, divergencias, rotacionales, teoremas integrales...).
- Cinemática: movimientos y deformación (tensores de deformación).
- Pequeñas deformaciones y compatibilidad.
- Tensores de esfuerzos.
- Leyes de balance
- Leyes constitutivas (ley de la termodinámica, energía de deformación, elasticidad)
- Problemas del valor del contorno en elasticidad lineal (2D)
- Introducción a la plasticidad (Von Mises, Tresca, Mohr Coulomb)
- Fluidos ideales y flujo potencial.
- Flujo viscoso incompresible (con una introducción al flujo turbulento)

Recursos para el aprendizaje:

- Notas de clase.
- Holzapfel, G.A., Nonlinear solid mechanics, a continuum approach for engineering, Wiley, 2000
- Currie, I.G., Fundamentals mechanics of fluids, 2nd edition, McGraw Hill, 1993

1.5- Propagación de ondas y electromagnetismo (5 ECTS)

Éste curso toca los conceptos básicos de la teoría de ondas y se centra en las estrategias computacionales para simular la propagación de ondas lineales en el contexto de diversas aplicaciones de ingeniería.

Teoría básica:

- Ejemplos físicos del movimiento de ondas: Sonido en un tubo, banda elástica, flujo sanguíneo.
- Introducción a la propagación de ondas en problemas unidimensionales.
- Teoría elastodinámica en 3D
- Representación integral y ecuaciones diferenciales.
- Electromagnetismo.
- Acústica y vibro acústica.
- Problemas característicos y de Riemann para ecuaciones lineales hiperbólicas.
- Métodos numéricos para la propagación de ondas
- Método del elemento de contorno
- Métodos basados en el dominio: Diferencias finitas, Volúmenes finitos y Galerkin.
 - a) Formulación general para las ecuaciones de conservación.
 - b) Flujo numérico: Métodos corriente arriba, método de Godunov y de Roe.
 - c) Métodos de alta resolución: limitadores de Flujo y de TVD.
 - d) Convergencia, exactitud y estabilidad.
- 10 Condiciones de contorno en fronteras artificiales.

Recursos para el aprendizaje:

- Notas de Clase
- R.J. LeVeque, Finite volume methods for hyperbolic problems, Cambridge Univ. Press, 2002
- A. Taflove, Computational electrodynamics: The finite-difference time-domain method, Artech House, 1995
- J. D. Achenbach, Wave propagation in elastic solids, North Holland Publ. Co., 1973.
- J. Domínguez, Boundary elements in dynamics, Computational Mechanics Publications, Elsevier, UK, 1993.
- Jianming Jin, The finite element method in electromagnetics, John Wiley & Sons, 1993

1.6- Mecánica de sólidos computacional (5 ECTS)

El curso se centra en los métodos numéricos aplicados a la modelación del comportamiento de materiales no lineales en sólidos. Se hace especial énfasis en la integración de los modelos constitutivos y la adición de la no linealidad en el método de los elementos finitos. El curso cubre tanto los aspectos teóricos esenciales así como la aplicación práctica de estos.

- Modelación constitutiva de los materiales.
- Elasticidad y visco elasticidad.
- Daño continuo y visco daño.
- Plasticidad y visco plasticidad.
- Estabilidad del material.
- Técnicas computacionales en la modelación de materiales no lineales en sólidos.
- Temas avanzados: Mecánica del contacto y extensión a deformaciones finitas.

Recursos para el aprendizaje:

- Notas de clase
- Belytschko T., Liu W.K., Moran B., Non-linear Finite Elements for Continua and Structures, Wiley, 2002
- Simo J.C, Hughes T.J.R., Computational Inelasticity, Springer, 1997

1.7- Elementos finitos en fluidos (5 ECTS)

El curso cubre tanto los aspectos teóricos esenciales así como la aplicación práctica de éstos. En particular técnicas específicas para las ecuaciones de Euler y de Navier Stokes.

- Ecuaciones de conservación.
- Estabilización de la ecuación estacionaria de convección.
- Integración temporal de la ecuación transitoria de transporte.
- Flujo compresible.
- Problemas transitorios de convección difusión.
- Flujo viscoso incompresible.
- Modelación de la turbulencia.
- Temas avanzados.

Recursos para el aprendizaje:

- Notas de clase
- Donea, J., Huerta, A., Finite Element Methods for Flow Problems, Wiley, 2003

1.8- Análisis avanzado de estructuras (5 ECTS)

Éste curso presenta los conceptos, formulaciones y aplicaciones del método de los elementos finitos (MEF) para el análisis de estructuras con materiales

de construcción clásicos y modernos (materiales compuestos) bajo cargas estáticas y dinámicas. El curso se centra en problemas lineales, sin embargo se da una pequeña introducción al análisis no lineal de estructuras. Los distintos métodos presentados cubren la mayoría de las topologías estructurales en ingeniería como son presas, túneles, taques, laminas, edificios, puentes, estructuras y componentes mecánicos, etc.

Los detalles de la formulación con elementos finitos son proporcionados junto con los aspectos computacionales más importantes, permitiendo que los estudiantes se involucren en la programación por el MEF de problemas de análisis estructural.

- Conceptos básicos de matriz en el análisis de estructuras de barras.
- Sólidos en 2D.
- Sólidos axisimétricos.
- Sólidos en 3D.
- Vigas.
- Placas gruesas y delgadas.
- Láminas plegadas y curvas.
- Láminas axisimétricas
- Análisis dinámico de estructuras
- Introducción al análisis no lineal de estructuras.
- Temas diversos.

Recursos para el aprendizaje:

- Notas de Clase
- O.C. Zienkiewicz and R.L. Taylor. The finite element method. Vols. 1 and 2, 5th Edition, Butterworth-Heinemann, 2003

1.9- Mecánica de fluidos computacional (5 ECTS)

El curso proporciona los elementos para entender las herramientas básicas para el análisis y solución de diferentes tipos de flujos, desde el ideal hasta el flujo viscoso, contrastando los resultados numéricos con los experimentales. El curso comprende seis temas principales:

- Conceptos básicos y revisión: Resumen de análisis vectorial: Teoremas clásicos: Greens, Gauss, Stokes - derivadas Eulerianas/Lagrangianas y teoremas de transporte de Reynolds
- Ecuaciones reguladoras: Ecuaciones de continuidad y leyes de conservación. Masa, impulso y conservación de la energía. Clasificación de ecuaciones. Condiciones de contorno. Ejemplos
- Fluidos ideales: incompresible, flujo potencial irrotacional. Eficiencia, función de la eficiencia. Ejemplos.
- Fluidos viscosos incompresibles: Ecuaciones incompresibles de Navier-Stokes: Flujo de Couette, Flujo de Poiseuille, Fluido en tuberías.
- Características y ecuaciones de fluidos compresibles.
- Naturaleza de las turbulencias
- Contrastar enfoques analítico, numérico y experimental para resolver problemas en ingeniería.

Recursos para el aprendizaje:

- I.G. Currie, Fundamental Mechanics of Fluids, 2nd edition, McGraw Hill International Editions, 1993.
- B. Le Mehaute, An Introduction to Hydrodynamics and Water Waves, Springer-Verlag, 1976.
- A.R. Patterson, A First Course in Fluid Dynamics, Cambridge University Press, 1983.
- A.J.Chorin & J.E. Marsden, A Mathematical Introduction to Fluid Mechanics, Springer-Verlag, 1979.

Lengua/s de impartición	Castellano, Inglés
--------------------------------	--------------------

Denominación de la materia	<i>HERRAMIENTAS DE CÁLCULO</i>
Número de ECTS	<i>14 ECTS</i>
Carácter de la materia	Optativa
Distribución de los créditos por cuatrimestre	<i>8 ECTS / 1er Cuatrimestre 6 ECTS / 2er Cuatrimestre</i>
Competencias y resultados del aprendizaje que el estudiante adquiere con la materia	
<p>Competencias específicas:</p> <p><i>CE-2 Conocimientos del estado del arte en algoritmos numéricos.</i> <i>CE-4 Conocimientos de criterios de validación y verificación</i> <i>CE-6 Interpretación de modelos numéricos</i> <i>CE-7 Experiencia en la programación de simulaciones numéricas</i></p> <p>Competencias generales</p> <p><i>CG-1 Conocimiento de los métodos numéricos y mecanismos de solución</i> <i>CG-2 Conocimiento de las teorías y aplicaciones de los métodos numéricos</i> <i>CG-3 Experiencia en la solución de problemas mediante los métodos numéricos</i> <i>CG-4 Consolidación de los criterios de aplicación de los métodos numéricos</i> <i>CG-5 Conocimiento de las redes sociales en el entorno de los métodos numéricos</i> <i>CG-6 Modelización numérica de problemas reales</i> <i>CG-7 Independencia crítica</i> <i>CG-8 Conocimiento de los alcances de los métodos numéricos</i></p> <p>Competencias transversales:</p> <p><i>CT-1 Capacidad emprendedora y de innovación.</i> <i>CT-2 Sostenibilidad y compromiso social</i> <i>CT-3 Tercera lengua</i> <i>CT-5 Trabajo en equipo</i> <i>CT-4 Comunicación eficaz oral y escrita</i> <i>CT-6 Uso solvente de los recursos de la información</i> <i>CT-7 Aprendizaje autónomo</i></p> <p>Resultado del aprendizaje</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ El alumno será capaz de entender y asimilar las herramientas básicas de la programación y codificación de algoritmos. ✓ El alumno será capaz de generar un programa de elementos finitos en MATLAB ✓ Conocer los aspectos fundamentales de la estimación de error y adaptabilidad, su clasificación y los métodos actuales; utilizar estas técnicas adaptativas para encontrar mallas óptimas ✓ Entender los procesos cíclicos como procesos de prueba y error donde la simulación numérica juega un papel importante en el reemplazo de experimentos, garantizando el uso de las herramientas adecuadas que certifiquen la calidad de las simulaciones y la veracidad de sus resultados, entendiendo que la mecánica computacional proporciona resultados tan aproximados como el usuario desee y ser capaz de asimilar el coste que representa. ✓ Se pondrá énfasis en que el alumno adquiera independencia en sus estudios; que aprenda a usar un ordenador para programación básica y aprenda a utilizar y sacar provecho de sus horas de estudio. 	
Observaciones	

Actividades formativas Presenciales	Horas	% Presencial
AF1: Trabajo en colaboración dentro de un grupo	36	10%
AF2: Trabajo individual	105	0%
AF3: Resolución de problemas prácticos	84	10%
AF4: Evaluación continua	14	100%
AF5: Practica de laboratorio informático	28	20%
AF7: Tutoría personalizada	3	100%
AF8: Clases teóricas	80	100%
TOTAL	350	32%

Actividades formativas a Distancia	Horas	% En web
AF1: Trabajo en colaboración dentro de un grupo	18	90%
AF2: Trabajo individual	173	5%
AF3: Resolución de problemas prácticos	56	50%
AF4: Evaluación continua	15	100%
AF5: Practica de laboratorio informático	45	20%
AF7: Tutoría personalizada	18	100%
AF8: Clases teóricas	25	100%
TOTAL	350	34%

Metodologías docentes
MD1 - Clase magistral
MD2 - Clase expositiva interactiva con el alumno
MD3 - Seminarios
MD4 - Clases practicas
MD5 - Tutorías
MD6 - Clase expositiva con el alumno
MD7 - Tutorías en web

Sistema de evaluación de la adquisición de las competencias y sistema de calificaciones; peso máximo y mínimo de cada método evaluativo.

EV1 Evaluación final con libro abierto	50 % 35%
EV2 Evaluación final sin libro abierto	50 % 35%
EV3 Evaluación por ejercicios a lo largo del curso	100 % 30%

Breve descripción de contenidos de cada materia

Los contenidos de esta materia se reparte en los tres cursos siguientes

2.1- Programación en ciencias e ingeniería (5 ECTS)

El propósito de este módulo es presentar las bases de la programación científica. Estos conocimientos fundamentales de programación se adquieren mediante el uso de MATLAB. Sin embargo, los conceptos básicos se pueden extender a cualquier otro lenguaje de programación de alto nivel.

Al final del módulo los graduados habrán adquirido conocimientos elementales de programación en un lenguaje de alto nivel, además, habrán

aprendido a escribir programas informáticos que les permiten implementar los algoritmos necesarios para resolver los problemas en su propia área de ciencias o ingeniería.

- Introducción a MATLAB: sus componentes y entorno.
- Números, variables, operadores y funciones.
- Arreglos y matrices
- Dibujado de curvas y superficies.
- Ciclos y decisiones.
- Recursos simples de I/O
- Temas avanzados de MATLAB.

Recursos para el aprendizaje:

- Notas de clase
- Recktenwald, G. W., Numerical Methods with MATLAB: implementations and applications, Prentice Hall, 2000.
- Nakamura S. Numerical analysis and graphic visualization with MATLAB, Prentice Hall, 1996

2.2- Métodos de verificación en mecánica computacional (3 ECTS)

Verificación y validación en mecánica computacional significa controlar la calidad de la solución numérica, ambos temas relacionados con la discretización y elección del modelo físico. El concepto de verificación hace referencia a la exactitud de la solución numérica del problema matemático.

Complementariamente, el concepto de validación se encuentra asociado con la adecuada elección de la ecuación capaz de representar correctamente el problema físico a modelar. El sentir del curso es el de presentar estas técnicas y su filosofía al modelado adaptativo; adecuando la malla desde un punto de vista de verificación y adaptando el modelo desde el punto de vista de la validación.

La primera parte del curso se centra en las técnicas de estimación de error y mallado adaptativo. Se clasifican y discuten los estimadores de errores desde un punto de vista de una norma energética y desde una norma basada en cualquier otra variable.

La aplicación de herramientas similares para la selección del modelo se presenta en la segunda parte del curso.

Recursos para el aprendizaje:

- Notas de clase
- Ainsworth, Oden, A posteriori Error Estimation in Finite Element Analysis, Wiley 2000.

2.3- Seminarios en mecánica computacional (6 ECTS; 3 ECTS/semestre)

Estado del arte de temas selectos

Lengua/s de impartición

Inglés, castellano

Denominación de la materia	<i>APLICACIONES MULTIDICCIPLINARES</i>
Número de ECTS	<i>24 ECTS</i>
Carácter de la materia	Optativa
Distribución de los créditos por cuatrimestre	<i>24 ECTS / 2do Cuatrimestre</i>
Competencias y resultados del aprendizaje que el estudiante adquiere con la materia	
<p>Competencias específicas:</p> <p><i>CE-1 Conocimientos de modelización numérica práctica</i> <i>CE-2 Conocimientos del estado del arte en algoritmos numéricos.</i> <i>CE-3 Conocimientos de modelización de materiales</i> <i>CE-5 Experiencia en simulaciones numéricas</i> <i>CE-6 Interpretación de modelos numéricos.</i> <i>CE-7 Experiencia en la programación de simulaciones numéricas</i></p> <p>Competencias generales</p> <p><i>CG-1 Conocimiento de los métodos numéricos y mecanismos de solución</i> <i>CG-2 Conocimiento de las teorías y aplicaciones de los métodos numéricos</i> <i>CG-3 Experiencia en la solución de problemas mediante los métodos numéricos</i> <i>CG-6 Modelización numérica de problemas reales</i> <i>CG-8 Conocimiento de los alcances de los métodos numéricos</i> <i>CG-9 Independencia investigadora</i></p> <p>Competencias transversales:</p> <p><i>CT-1 Capacidad emprendedora y de innovación</i> <i>CT-2 Sostenibilidad y compromiso social</i> <i>CT-3 Tercera lengua</i> <i>CT-6 Uso solvente de los recursos de la información</i> <i>CT-7 Aprendizaje autónomo</i></p> <p>Resultado del aprendizaje</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Conocer los fundamentos de la modelación de los geomateriales, en particular los medios porosos y el acoplamiento termo-hidro-mecánico. ✓ Identificar las aplicaciones prácticas del comportamiento de los geo-materiales utilizados bajo el análisis de los métodos numéricos como el método de los elementos finitos (MEF). ✓ Conocer los fundamentos de los métodos de optimización para la resolución de una gran variedad de problemas de ingeniería ✓ Entender los diversos aspectos teóricos y computacionales de un amplio espectro de métodos de optimización. Desarrollar habilidades en la aplicación práctica de los diversos métodos de optimización y los problemas de implementación asociados a cada uno de ellos. ✓ Conocer los fundamentos y el comportamiento de las aproximaciones numéricas para los problemas de propagación de ondas, así como las estrategias computacionales para la simulación de la propagación. ✓ Entender e identificar los aspectos mas relevantes en la discretización de los problemas de propagación de ondas, identificando adecuadamente los algoritmos más apropiados para cada uno de los problemas de propagación existentes. ✓ Conocer la formulación y discretización de los problemas de mecánica de sólidos con cinemática no lineal, incluyendo la solución de las ecuaciones resultantes, las teorías constitutivas así como los fundamentos físicos de la micro estructura. 	

- ✓ Entender física y matemáticamente los conceptos de deformación finita, elasticidad y su discretización, estableciendo los vínculos con la optimización. Entender los apoyos físicos que aporta la teoría constitutiva al uso de modelos matemáticos.
- ✓ * Se pondrá énfasis en que el alumno adquiera independencia en sus estudios; aprenda a usar un ordenador para programación básica y aprenda a utilizar y sacar provecho de sus horas de estudio.
- ✓ Implementar y utilizar programas de ordenador para solucionar problemas no lineales en los distintos campos de aplicación. Analizar desde un punto de vista crítico los resultados obtenidos por las simulaciones.

Observaciones

Para cursar esta materia se debe haber aprobado todas las materias obligatorias

Actividades formativas Presencial	Horas	% Presencial
AF1: Trabajo en colaboración dentro de un grupo	64	10%
AF2: Trabajo individual	180	0%
AF3: Resolución de problemas prácticos	144	10%
AF4: Evaluación continua	24	100%
AF5: Practica de laboratorio informático	48	20%
AF7: Tutoría personalizada	5	100%
AF8: Clases teóricas	135	100%
TOTAL	600	32%

Actividades formativas a Distancia	Horas	% En web
AF1: Trabajo en colaboración dentro de un grupo	32	90%
AF2: Trabajo individual	296	5%
AF3: Resolución de problemas prácticos	96	50%
AF4: Evaluación continua	24	100%
AF5: Practica de laboratorio informático	80	20%
AF7: Tutoría personalizada	32	100%
AF8: Clases teóricas	40	100%
TOTAL	600	34%

Metodologías docentes**MD1 - Clase magistral****MD2 - Clase expositiva interactiva con el alumno****MD3 - Seminarios****MD4 - Clases practicas****MD5 - Tutorías****MD6 - Clase expositiva con el alumno****MD7 - Tutorías en web**

Sistema de evaluación de la adquisición de las competencias y sistema de calificaciones; peso máximo y mínimo de cada método evaluativo.

EV1 Evaluación final con libro abierto	50 % 35%
EV2 Evaluación final sin libro abierto	50 % 35%

EV3 Evaluación por ejercicios a lo largo del curso	100 % 30%
Breve descripción de contenidos de cada materia	
<p>Los contenidos de esta materia se reparte en los ocho cursos siguientes</p> <p>2.4.- Geomecánica (3 ECTS)</p> <p>Éste curso presenta los conceptos, formulaciones y aplicaciones del método de los elementos finitos (MEF) para el análisis de suelos saturados y no saturados. Los aspectos hidro mecánicos del conjunto matriz-fluido son tratados con detalle, presentando los ejemplos de aplicación más comunes de los conceptos presentados.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introducción a la mecánica de materiales porosos saturados y no saturados. Comportamiento drenado, no drenado e intermedio. • Modelos constitutivos para geo-materiales. Modelos de plasticidad: Mohr-Coulomb, estado crítico y modelos avanzados. Modelos para rocas y hormigón. • Formulación general para análisis acoplado hidro-mecánico de materiales porosos. Estados límite y aproximados. Extensión a materiales no saturados. • Características geomecánicas: tensiones insitu, excavación, construcción. Ejemplos de aplicación. <p>Recursos para el aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Notas de clase ○ D. M. Potts & L. Zdravkovic (2000): Finite element analysis in geotechnical engineering, Thomas Telford <p>2.5- Optimización (3 ECTS)</p> <p>Es un curso completo en métodos de optimización para ingeniería con una profunda revisión de los conceptos fundamentales en optimización, incluyendo los métodos de gradientes, algoritmos evolutivos, optimización multi-objetivo, técnicas robustas de optimización, problemas inversos y de control, etc.</p> <p>Los temas tratados cubren un amplio espectro de los problemas de optimización en ingeniería como optimización de formas, identificación de parámetros, optimización de materiales, control óptimo, etc.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conceptos básicos de optimización. • Métodos basados en gradientes. • Algoritmos evolutivos. • Optimización multi-objetivo. • Métodos robustos de optimización • Problemas inversos • Problemas de optimización multidisciplinarlos. • Aspectos de programación • Aplicaciones. <p>Recursos para el aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Notas de Clase ○ Choi, Kyung K., Kim, Nam-Ho, Structural Sensitivity Analysis and Optimization 1. Linear Systems, Springer, 2005 ○ A. J. Morris, Foundations of Structural Optimization. A Unified Approach, John Wiley & Sons, 1982. ○ Fletcher, R., Practical Methods of Optimization, John Wiley & Sons, 1987. 	

2.6.- Problemas acoplados (3 ECTS)

El contenido abarca los aspectos teóricos y computacionales para solución de problemas acoplados, utilizando el método de elementos finitos (MEF) y procedimientos relacionados con la discretización. Se hace hincapié en la descripción de la formulación matemática de cada problema y en los detalles de la solución práctica por el MEF.

- Resumen y clasificación de problemas acoplados.
- Interacción fluido-estructura.
- Interacción fluido-poros en suelos.
- Acoplamiento termo mecánico.
- Acoplamiento electro-magneto-dinámico.
- Esquemas de particiones y escalados.
- Aspectos de programación.
- Aplicaciones

Recursos para el aprendizaje:

- Textos de conferencias
- O.C. Zienkiewicz et al. The finite element method. Vols 1, 2 y 3. 6ª edición, Elsevier, 2006.

2.7.- Procesos de fabricación por conformado (3 ECTS)

El contenido abarca los conceptos esenciales sobre los métodos numéricos más idóneos para análisis de procesos de fabricación por conformado en la industria, tales como embutición y estampación de chapa, fundición, soldadura, forja, laminación, compactación de polvos, sinterizado, colada continua, etc.

Las clases teóricas se completarán con otras clases prácticas de aplicación de software y códigos de simulación para análisis de procesos de fabricación por conformado desarrollados por CIMNE y por empresas especializadas en este campo. Parte de los contenidos del curso se impartirán por ingenieros de estas empresas.

Recursos para el aprendizaje:

- Notas de Clase
- Zienkiewicz et al El Método de los Elementos Finitos 6ª Edición, Vols. 1,2 3 , Elsevier ,2006
- Códigos de cálculo COMET, STAMPACK , VULCAN y WELDPACK aportados por CIMNE y por la empresa QUANTECH ATZ SA (www.quantech.es)

2.8- Mecánica computacional multiescala. (3 ECTS)

Este curso se centra en los aspectos computacionales de la mecánica de sólidos con cinemática no lineal. Por claridad se hará énfasis en estática hiperelástica (hyperelastoestatics), sin embargo, se proporcionará un marco de referencia para las ecuaciones constitutivas en deformaciones finitas e inelasticidad.

Se presenta una introducción de los aspectos micro estructurales y atómicos dentro de las teorías constitutivas, así mismo, se revisa un modelo de aproximaciones multi escala para la modelación del material.

Para complementar los temas tratados en el curso se presenta la teoría del equilibrio configuracional donde se tocan los temas de dualidad de las deformaciones finitas de la mecánica de sólidos y la optimización de la micro estructura del material.

Adicionalmente a los problemas de equilibrio cuasi estático, el curso toca temas de integración temporal en cinemática finita y dinámica de sólidos

Recursos para el aprendizaje:

- Notas de clase
- Bonet, Wood, Nonlinear Continuum Mechanics for Finite Element Analysis

- , Cambridge, 1997
- o Belytschko, Liu, Moran, Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures, Wiley 2000

2.9- Dinámica de cuerpos y estructuras. (3 ECTS)

El contenido se dirige a ingenieros interesados en cálculo de dinámica computacional de sistemas multicuerpo. Incluye una revisión en profundidad de los conceptos fundamentales, incluyendo descripción de la cinemática, formulación variacional y esquemas de solución numérica.

- 1. Introducción a la dinámica de multicuerpos.
- 2. Ecuaciones de cinemática y equilibrio.
- 3. Formulación variacional.
- 4. Discretización de elementos finitos.
- 5. Esquemas de integración de tiempo.
- 6. Problemas dinámicos de acoplamiento de multicuerpos.
- 7. Aspectos computacionales y de programación.
- 8. Problemas de contacto en dinámica de multicuerpos.
- 9. Aplicaciones prácticas.

Recursos para el aprendizaje:

- o Textos de conferencias
- o Otros:
- o M. Geradin y A. Cardona. Introduction to multibody dynamics.

2.10- Problemas de interacción fluido estructura. (3 ECTS)

El contenido abarca los conceptos esenciales sobre los métodos numéricos más idóneos para análisis de problemas de interacción fluido-estructura en ingeniería.

Las clases teóricas se completarán con prácticas de aplicación de software y códigos de simulación para análisis de problemas de interacción fluido-estructura en ingeniería civil, naval, marina, mecánica y bio-mecánica, entre otros desarrollados por CIMNE y por empresas especializadas en este campo. Parte de los contenidos del curso se impartirán por ingenieros de esas empresas.

Recursos para el aprendizaje:

- Notas de clase
- Zienkiewicz et al El Método de los Elementos Finitos 6ª Edición, Vols. 1,2 3 , Elsevier ,2006
- Códigos de cálculo COMET , KRATOS y TDYN aportados por CIMNE y por la empresa COMPASS INGENIERIA Y SISTEMAS SA (www.compassis.es)

2.11- Modelización de problemas ambientales (3 ECTS)

El contenido cubre los fundamentos de los modelos físicos y matemáticos de problemas ambientales, aguas subterráneas y contaminación atmosférica, transporte, difusión y procesos de absorción y de no absorción. Se hace hincapié en el modelado a través de ecuaciones diferenciales ordinarias y parciales, y en concreto en el análisis adimensional de modelos matemáticos y la simulación de modelos de adaptación en problemas complejos. El módulo contempla ambos aspectos teóricos y también aplicaciones prácticas.

- Introducción a problemas de mecánica continua de interés ambiental.
- Problemas incompresibles
- Problemas compresibles
- Simulaciones numéricas: medios de no absorción.
- Simulaciones numéricas: medios de absorción.

Recursos para el aprendizaje:

- Textos de conferencias
- Arya, S., Air pollution meteorology and dispersion, Oxford University Press, 1999.
- Marchuk, G.I., Mathematical modeling for the problems of environment, 1985.
- Smoller, J., Shock waves and reaction-diffusion equations, Springer Verlag, Berlin 1992.
- Wankat, P.C., Rate controlled separations, Blackie Academic and Professional, Glasgow, 1994.
- Yong, R.N., Mohamed, A.M.O., Warkentin, B.P. Principles of contaminant transport in soils, 1992.

Lengua/s de impartición**Castellano, Inglés**

Denominación de la materia	<i>FORMACION PROFESIONAL</i>
Número de ECTS	30
Carácter de la materia	Obligatorio
Distribución de los créditos por cuatrimestre	<i>30 ECTS / 3er Cuatrimestre</i>
Competencias y resultados del aprendizaje que el estudiante adquiere con la materia	
<p>Competencias específicas:</p> <p><i>CE-5 Experiencia en simulaciones numéricas</i> <i>CE-6 Interpretación de modelos numéricos</i> <i>CE-7 Experiencia en la programación de simulaciones numéricas</i></p> <p>Competencias generales</p> <p><i>CG-3 Experiencia en la solución de problemas mediante los métodos numéricos</i> <i>CG-4 Consolidación de los criterios de aplicación de los métodos numéricos</i> <i>CG-5 Conocimiento de las redes sociales en el entorno de los métodos numéricos</i> <i>CG-6 Modelización numérica de problemas reales</i> <i>CG-7 Independencia crítica</i> <i>CG-9 Independencia investigadora</i></p> <p>Competencias transversales:</p> <p><i>CT-1 Capacidad emprendedora y de innovación</i> <i>CT-2 Sostenibilidad y compromiso social</i> <i>CT-3 Tercera lengua</i> <i>CT-4 Comunicación eficaz oral y escrita</i> <i>CT-6 Uso solvente de los recursos de la información</i> <i>CT-7 Aprendizaje autónomo</i></p> <p>Resultado del aprendizaje</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Conocer la metodología para realizar presentaciones orales así como la estructuración de textos científicos. ✓ Identificar los aspectos claves de la preparación de trabajos y artículos de investigación. ✓ Hacer un uso racional de las técnicas computacionales para la preparación y presentación de trabajos científicos. ✓ Ser capaz de adaptar el trabajo a una fecha límite, resumiendo y organizado ideas complejas para clarificarlas de cara a la capacidad de comprensión de la audiencia. ✓ Identificar los mecanismos de organización y crecimiento en una empresa y aprender a gestionar el crecimiento. ✓ Identificar los mecanismos de fracaso en una empresa o proyecto y establecer medidas para evitarlo. ✓ El alumno habrá adquirido experiencia en la aplicación de la mecánica computacional en un contexto industrial. El desarrollo de su proyecto debe permitir apreciar los aspectos prácticos de la mecánica computacional y la forma en que se está utilizando en la industria para resolver problemas reales de ingeniería. ✓ El alumno adquirirá conocimientos teóricos y prácticos sobre el uso de la gama particular de software comercial utilizado en la industria. 	

Observaciones	Para cursar esta materia se debe haber aprobado todas las materias obligatorias y al menos 6 optativas.
----------------------	---

Actividades formativas Presencial	Horas	% Presencial
<i>AF1: Trabajo en colaboración dentro de un grupo</i>	80	10%
<i>AF2: Trabajo individual</i>	110	0%
<i>AF4: Evaluación continua</i>	15	100%
<i>AF6: Practica en empresas</i>	375	5%
<i>AF8: Clases teóricas</i>	170	100%
TOTAL	750	28%

Actividades formativas a Distancia	Horas	% En web
<i>AF1: Trabajo en colaboración dentro de un grupo</i>	50	90%
<i>AF2: Trabajo individual</i>	240	5%
<i>AF4: Evaluación continua</i>	15	100%
<i>AF6: Practica en empresas</i>	375	5%
<i>AF8: Clases teóricas</i>	70	100%
TOTAL	750	23%

Metodologías docentes

<i>MD1 - Clase magistral</i>

<i>MD2 - Clase expositiva interactiva con el alumno</i>

<i>MD3 - Seminarios</i>

<i>MD4 - Clases practicas</i>

<i>MD5 - Tutorías</i>

Sistema de evaluación de la adquisición de las competencias y sistema de calificaciones; peso máximo y mínimo de cada método evaluativo.

EV3 Evaluación por ejercicios a lo largo del curso	100% 100%
--	-----------

EV4 Evaluación mediante un tribunal	100% 100%
-------------------------------------	-----------

Breve descripción de contenidos de cada materia

Los contenidos de esta materia se reparten en los tres cursos siguientes. Los dos primeros están pensados para ser impartidos con una importante participación del sector empresarial, razón por la cual se han mantenido en este módulo.

3.1 Espíritu empresarial para ingenieros. (7.5 ECTS)

- Qué es un emprendedor y cuál es su importancia en la empresa
- las dimensiones de la iniciativa empresarial.
- la estructura y la presentación de las oportunidades
- los recursos y la estructura de las finanzas
- personas y equipos
- Cómo se gestiona la empresa a nivel internacional
- la gestión del crecimiento a corto y largo plazo

- la generación y compra
- mantener el flujo de ideas dentro de una empresa, estudios de casos
- Identificación de oportunidades y el plan de negocios
- Las fuentes de financiación y su estructuración

Recursos para el aprendizaje:

- Mastering Enterprise, Financial Times Publication.
- Simon Bridge et al, (R) Understanding Enterprise, Entrepreneurship and Small Business, Palgrave Macmillan..

3.2 Habilidades de comunicación en un segundo idioma (7.5 ECTS)

- Comunicación escrita: Reportes, Tesis, Revistas y artículos en conferencias.
- Comunicación oral: Presentaciones de investigación, asistencia a conferencias y presentación de artículos.
- Interactividad: Moderación de charlas, entrevistas de trabajo

Recursos para el aprendizaje:

- Notas de clase.

3.3 Prácticas en empresas (15 ECTS)

El objetivo del módulo es proporcionar a los estudiantes la oportunidad de aplicar sus habilidades y conocimientos en mecánica computacional dentro de un contexto industrial.

Los estudiantes serán colocados en industrias de ingeniería, consultoras o instituciones de investigación que tienen experiencia e interés en la mecánica computacional y llevarán a cabo un proyecto práctico, durante un periodo continuo de al menos 7 semanas y no más de nueve

La naturaleza del proyecto dependerá en gran medida de los intereses de la empresa, pero puede implicar la mecánica estructural, mecánica de sólidos, mecánica de fluidos o hidrodinámica. Normalmente, los estudiantes serán capacitados por la industria relevante en el uso de su software de cómputo en casa o comercial mecánica. El resultado de este proyecto será un informe y una presentación evaluados por dos examinadores internos que también tendrá en cuenta un informe formal por escrito del supervisor de la industria.

Recursos para el aprendizaje:

- A discreción del supervisor.

Lengua/s de impartición	Castellano, Inglés
--------------------------------	---------------------------

Denominación de la materia	<i>Trabajo fin de Master</i>
Número de ECTS	30
Carácter de la materia	Obligatorio
Distribución de los créditos por cuatrimestre	<i>30 ECTS / 4to Cuatrimestre</i>
Competencias y resultados del aprendizaje que el estudiante adquiere con la materia	
<p>Competencias específicas:</p> <p><i>CE-5 Experiencia en simulaciones numéricas</i> <i>CE-6 Interpretación de modelos numéricos.</i> <i>CE-7 Experiencia en la programación de simulaciones numéricas</i></p> <p>Competencias generales</p> <p><i>CG-3 Experiencia en la solución de problemas mediante los métodos numéricos</i> <i>CG-4 Consolidación de los criterios de aplicación de los métodos numéricos</i> <i>CG-5 Conocimiento de las redes sociales en el entorno de los métodos numéricos</i> <i>CG-6 Modelización numérica de problemas reales</i> <i>CG-7 Independencia crítica</i> <i>CG-9 Independencia investigadora</i></p> <p>Competencias transversales:</p> <p><i>CT-1 Capacidad emprendedora y de innovación</i> <i>CT-2 Sostenibilidad y compromiso social</i> <i>CT-3 Tercera lengua</i> <i>CT-4 Comunicación eficaz oral y escrita</i> <i>CT-6 Uso solvente de los recursos de la información</i> <i>CT-7 Aprendizaje autónomo</i></p> <p>Resultado del aprendizaje</p> <p>✓ El trabajo de fin de master es la demostración de que el futuro profesional esta apto para incorporarse al mercado laboral o de investigación</p>	
Observaciones	

Actividades formativas Presencial	Horas	% Presencial
<i>AF2: Trabajo individual</i>	700	5%
<i>AF7: Tutoría personalizada</i>	50	100%
TOTAL	750	11%

Actividades formativas a Distancia	Horas	% En web
<i>AF2: Trabajo individual</i>	700	5%
<i>AF7: Tutoría personalizada</i>	50	100%
TOTAL	750	11%

Metodologías docentes
<i>MD3 - Seminarios</i>
<i>MD5 - Tutorías</i>

Sistema de evaluación de la adquisición de las competencias y sistema de calificaciones; peso máximo y mínimo de cada método evaluativo.	
EV4: .Evaluación mediante un tribunal	100%
Breve descripción de contenidos de cada materia	
<p>4.1 Trabajo de fin de master En el trabajo de fin de Master los alumnos aplicarán sus conocimientos sobre métodos numéricos para resolver un problema concreto de ingeniería, o bien al desarrollo de un trabajo de investigación. Se valorará muy positivamente que el tema de la tesis venga propuesto por una empresa y que contribuya a resolver un problema de interés práctico y que se realice en colaboración con otro centro nacional o internacional.</p>	
Lengua/s de impartición	Castellano, Inglés

6. PERSONAL ACADÉMICO

Subapartados

6.1. Profesorado y otros recursos humanos necesarios y disponibles para llevar a cabo el plan de estudios propuesto

6.2. Otros recursos humanos necesarios y disponibles para llevar a cabo el plan de estudios propuesto.

6.1. Profesorado

El profesorado del curso pertenece completamente a la Universidad Politècnica de Catalunya, agrupado por los siguientes departamentos:

Departamento de Resistencia de materiales i estructuras en la ingeniería. (RMEE): 14 Profesores.

Departamento de Matemática aplicada III (MA3): 10 Profesores.

Departamento de Ingeniería del terreno, cartografía y geofísica (ETCG): 3 Profesores.

En la tabla siguiente se indica el número de profesores de cada departamento que imparte la docencia en el curso de master detallando el porcentaje de doctores así como las horas de dedicación al curso.

<i>Categoría</i>	<i>Total %</i>	<i>Doctores %</i>	<i>Horas %</i>
<i>Cat. Univ.</i>	55.56%	100%	16.0%
<i>Tit. Univ.</i>	18.52%	100%	9.0%
<i>Prof. Agregado</i>	18.52%	100%	10.5%
<i>Prof. Asociado</i>	7.40%	0%	4.5%

Los profesores indicados en esta tabla pertenecen a las áreas de conocimiento de mecánica de medios continuos y teoría de estructuras, matemática aplicada y física aplicada. Todos ellos tienen amplia experiencia en la docencia en cursos de master, puesto que participan en el actual Master en Métodos Numéricos en Ingeniería, que se pretende sustituir por el master de la presente propuesta, y en el master no oficial de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería

6.2. Otros recursos humanos

Servicios técnicos y administrativos

El curso cuenta con el apoyo de los servicios técnicos especializados de la Escuela de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos de Barcelona (ETSECCPB), asimismo, del apoyo técnico por parte de los departamentos de RMEE y MA3, incluyendo los servicios de las Bibliotecas de la ETSECCPB y Gabriel Ferraté de la UPC y de los Servicios Informáticos de dichos Deptos., de CIMNE y de la ETSECCPB.

El personal técnico informático de los departamentos de RMEE es el principal responsable de la red y del equipamiento destinado a la docencia y a la investigación dentro de la organización del curso y dispone del soporte de becarios que permiten atender las incidencias durante los horarios de actividad docente.

Por otra parte, el personal de la Biblioteca dependiente de la escuela de Ing. CCPB cuenta también con el soporte de becarios que permiten mantener el horario de 9 a

21 horas de lunes a viernes. Fuera de este horario, los estudiantes disponen de las Biblioteca Gabriel Ferraté que está permanentemente abierta.

7. RECURSOS MATERIALES Y SERVICIOS

Subapartados

7.1. Justificación de que los medios materiales y servicios disponibles propios y en su caso, concertados con otras instituciones ajenas a la universidad (espacios, instalaciones, laboratorios, equipamiento científico, técnico o artístico, biblioteca y sala de lectura, nuevas tecnologías, etc.) son adecuados para garantizar la adquisición de competencias y el desarrollo de las actividades formativas planificadas, observando los criterios de accesibilidad universal y diseño para todos

7.2. Previsión de adquisición de los recursos materiales y servicios necesarios en el caso de que se no disponga de todos ellos

7.1. Justificación de que los medios materiales y servicios disponibles propios y en su caso, concertados con otras instituciones ajenas a la universidad (espacios, instalaciones, laboratorios, equipamiento científico, técnico o artístico, biblioteca y sala de lectura, nuevas tecnologías, etc.) son adecuados para garantizar la adquisición de competencias y el desarrollo de las actividades formativas planificadas, observando los criterios de accesibilidad universal y diseño para todos

Aulas, laboratorios y equipamientos

Las infraestructuras académicas que se utilizarán para la impartición de la versión presencial del master son aquellas de las que dispone actualmente el centro que lo acogerá (ETSECCPB), así como las infraestructuras de las que dispone CIMNE. En particular se usará un aula para impartir clases presenciales con capacidad de 40 alumnos de la ETSECCPB, un centro de cálculo de esta misma escuela así como salas de seminarios de los departamentos de MA3 y RMEE y de una sala de seminarios de CIMNE.

Por otro lado la versión a distancia hará uso de la plataforma del Centro de Formación Virtual desarrollado por CIMNE. Dicha plataforma se encuentra en los servidores administrados por la empresa UPC Net que cumple los estándares ISO 20000 posee el sello de excelencia 3Ps que otorga la agencia de acreditación en investigación e innovación tecnológica (AIDIT) I sigue las buenas practicas ITIL y PMBOK lo cual garantiza una alta funcionalidad de la plataforma de cara a los usuarios y garantiza los datos almacenados de acuerdo a Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre de Protección de Datos de Carácter Personal. Adicionalmente la plataforma ha sido desarrollada bajo estándares SCORM lo que facilita la administración de sus contenidos.

Se destaca de manera especial que CIMNE y la UPC han recientemente acordado la construcción conjunta de un edificio de unos 2000 m², a ubicarse en los alrededores de la ETSECCPB en el Campus Nord de la UPC (el denominado edificio B0) en el que está previsto habilitar 500 m² de nuevos espacios de estudio y trabajo, equipados con ordenadores individuales y conexión a la red para los alumnos del Master de Métodos Numéricos en Ingeniería (hay previsiones de espacio para hasta 40 alumnos). Dicho edificio, actualmente en fase de proyecto, se prevé que estará finalizado en octubre de 2013, coincidiendo con la segunda promoción de la edición renovada del Master de Métodos Numéricos en Ingeniería.

El plan de inversiones de la UPC TIC 2011-2014

El plan de inversiones en TIC 2011-2014, aprobado por el Consejo de Gobierno en fecha 9 de febrero de 2011 establece el marco de referencia para las inversiones en el ámbito de las tecnologías de la información y la comunicación para el período 2011-2014. La misión de este plan plurianual es proporcionar servicios TIC de alta calidad y rentables, que resuelvan las necesidades de la Universidad y la de sus miembros, fomentar y apoyar a la excelencia, la innovación, las buenas prácticas y la rentabilidad en el uso de las TIC en la docencia, la investigación y la valorización del conocimiento, promover los mecanismos que permitan una comunicación efectiva de los servicios TIC en la comunidad UPC. Para su desarrollo se han establecido un conjunto de 16 objetivos. La dotación presupuestaria asignada al programa de inversiones en hardware para las unidades básicas para el ejercicio 2011 es de 2.850.000 euros, de los cuales, un 50% provienen de la cofinanciación de las unidades básicas y el otro 50% de la partida presupuestaria del plan de inversiones en TIC.

Mecanismos disponibles para la realizar o garantizar la revisión y el mantenimiento de los materiales y servicios

La ETSEECPB tiene definidos procesos que establecen los criterios que se utilizan internamente así como los mecanismos que garantizan el mantenimiento de los recursos materiales y de los servicios. En este sentido la ESTSEECP tiene como objetivo la renovación cada dos años, si procede, del equipamiento informático.

Por ello, la ETSEECPB se acoge al plan de inversiones en TIC 2007-2010, que ha aprobado el Consejo de Gobierno de la UPC y que establece el marco de referencia para las inversiones en materias de informática y comunicaciones de la universidad para el período 2007-2010. El objetivo de este plan plurianual es dar respuesta a las inversiones en infraestructuras TIC y sistemas de información para la docencia, investigación y gestión, teniendo en cuenta la renovación, tecnológica o por obsolescencia, de infraestructuras y equipamiento TIC, la innovación, la calidad y la sostenibilidad, la planificación a corto y medio plazo de las necesidades TIC y la adquisición de equipos informáticos necesarios para que los miembros de la comunidad universitaria puedan desarrollar su actividad docente, de investigación y/o de gestión.

Las bibliotecas de la UPC

El Servicio de Bibliotecas y Documentación (SBD) de la UPC está compuesto por 13 bibliotecas distribuidas por los diferentes campus de la universidad.

Todas las bibliotecas ofrecen a los usuarios un amplio abanico de servicios bibliotecarios y acceso a la información de las colecciones bibliográficas así como a la biblioteca digital. Las bibliotecas facilitan amplios horarios, ordenadores conectados a Internet y espacios de trabajo individual y en grupo.

Las bibliotecas de la UPC disponen de los recursos bibliográficos científicos y técnicos especializados en las diferentes áreas de conocimiento politécnicas que dan soporte a todas las titulaciones de la Universidad. También disponen de los recursos electrónicos (bases de datos y revistas electrónicas principalmente) que dan soporte al aprendizaje en red y a la investigación (<http://bibliotecnica.upc.edu>).

La gestión de las bibliotecas de la UPC se realiza mediante la planificación estratégica y la dirección por objetivos. Esta herramienta ha servido para incrementar la calidad de los servicios bibliotecarios. El SBD ha sido evaluado en diversas ocasiones por la AQU y su calidad ha sido acreditada también por la ANECA.

En cuanto a las relaciones y la colaboración externa, el SBD es miembro fundador del Consorcio de Bibliotecas Universitarias de Cataluña (CBUC) y miembro de

REBIUN (Red de Bibliotecas Universitarias de la CRUE). Además, participa activamente en organizaciones bibliotecarias de carácter internacional como IATUL (International Association of Technological University Libraries).

Recursos de información de las bibliotecas de la UPC

- *Colecciones bibliográficas.* Las colecciones bibliográficas científicas y técnicas se dividen en colecciones básicas que dan soporte a las guías docentes de las titulaciones y colecciones especializadas que dan soporte a las diferentes áreas temáticas de la titulación. La colección bibliográfica la componen más de 556.538 ejemplares de monografías y 20.397 colecciones de publicaciones en serie.
- *Colecciones digitales.* Las bibliotecas también proporcionan el acceso a recursos de información electrónicos tanto a través del catálogo como desde la biblioteca digital de la UPC: diccionarios y enciclopedias, libros electrónicos, bases de datos, revistas electrónicas, etc. Actualmente se pueden consultar 8.403 títulos de revistas electrónicas en texto completo.

Además, el SBD dispone del portal UPCommons (<http://upcommons.upc.edu/>), formado por un conjunto de repositorios institucionales de acceso abierto en Internet de documentos producidos y editados por los profesores e investigadores de la UPC. Los repositorios incluyen: tesis doctorales, materiales docentes, eprints, revistas, trabajos académicos, etc. También se dispone de una videoteca y de repositorios de colecciones patrimoniales de la Universidad.

La biblioteca de la ETSECCPB

La Biblioteca de la escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona (ETSECCPB) ofrece sus servicios principalmente a dicha Escuela.

El fondo de la biblioteca está especializado en matemáticas y estadística, y está formado por libros recomendados en las guías docentes, bibliografía especializada en el ámbito de la ingeniería civil, obras de consulta, revistas, vídeos, apuntes y exámenes, proyectos de fin de carrera y tesis doctorales.

El horario habitual de la biblioteca es de 9 a 21 h de lunes a viernes. Tiene 317 m² construidos, 141 puestos de lectura y 20 ordenadores al servicio del usuario.

Los programas de cooperación educativa de la UPC: carácter general

La ETSECCPB tiene también definido un proceso para las prácticas externas que realizan sus estudiantes y que garantiza el seguimiento y correcto funcionamiento de las mismas.

La Ley Orgánica de Universidades y la Ley de Universidades de Cataluña establecen en su articulado que una de las funciones de la universidad es preparar a los/las estudiantes para el ejercicio de actividades profesionales que exijan la aplicación de conocimientos y métodos científicos. Para favorecer el cumplimiento de esta función, la UPC promueve la participación de sus estudiantes en actividades de cooperación educativa. Un convenio de cooperación educativa es una estancia de prácticas profesionales en una empresa, durante un período de tiempo establecido entre la/el estudiante y la empresa y con la conformidad de la universidad, en el que el/la estudiante adquiere competencia profesional tutelado por profesionales con experiencia.

Los objetivos de los programas de cooperación educativa universidad-empresa son: complementar la formación recibida por el estudiante en la universidad con

experiencias profesionales en el ámbito empresarial; promover y consolidar vínculos de colaboración entre la universidad y su entorno empresarial y profesional; fortalecer los lazos entre el/la estudiante y la universidad, así como con las empresas. Existen dos tipos de actividades de cooperación educativa: los programas de cooperación educativa que son susceptibles de reconocimiento de créditos de libre elección, que se incorporarán al expediente de la/del estudiante y las bolsas de trabajo con la tutela de la universidad que presentan un claro interés formativo para el/la estudiante, aunque no tengan una acreditación académica.

Entorno virtual de docencia

Los proponentes disponen de un entorno virtual de docencia del Curso de Master de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería desarrollado por CIMNE. El denominado centro Virtual de Estudios del master es utilizado con éxito desde hace más de 15 años como soporte para el aprendizaje de ediciones a distancia de versiones anteriores del curso. Consta de espacios diferenciados para la/el estudiante y con intranets de seguimiento docente de las asignaturas. Su diseño se ha realizado a partir de las aportaciones del profesorado del curso. Una versión profesional de este centro virtual de estudios ha sido utilizada por la empresa Structuralia (www.structuralia.com) creada como spin-off de CIMNE para impartir cursos a distancia en los sectores de la construcción y servicios a más de 100.000 alumnos y 500 empresas en los últimos 10 años.

Los profesores disponen en el Centro Virtual del curso de un espacio específico con equipamiento multimedia y personal técnico especializado para la creación de materiales docentes: digitalización de documentos, webs de soporte a las asignaturas, vídeos digitales, CD-ROM interactivos, textos autoevaluables, cursos de formación virtuales, etc.

Modelo de gestión UPC para la igualdad de oportunidades de las personas con discapacidad

La UPC, como institución creadora de cultura, está obligada a transmitir el conocimiento que genera, con acciones que alcancen desde la participación activa en los debates sociales, hasta la formación de los ciudadanos y ciudadanas en los ámbitos de conocimientos que le son propios.

El Consejo de Gobierno de la UPC apuesta por un proyecto de Universidad comprometida con los valores de la democracia, de los derechos humanos, la justicia, la solidaridad, la cooperación y el desarrollo sostenible.

En general, quiere fortalecer el compromiso social y el respeto por la diversidad. De manera particular, pretende alcanzar la igualdad de oportunidades de aquellas personas que tienen vínculos con la institución. Para explicitar su compromiso, el Consejo de Dirección de la UPC, en su proyecto de gobierno (UPC 10) para el período 2007-2010, ha plasmado de forma explícita la realización de una serie de actuaciones dirigidas a alcanzar estos objetivos.

Dentro del modelo de gestión de la UPC se han creado diferentes figuras y unidades, con la finalidad de alcanzar los objetivos propuestos por la institución. Cabe destacar el programa de atención a las discapacidades (PAD) del que seguidamente describimos su principal misión y objetivos.

Programa de Atención a las Discapacidades (PAD)

El Programa de Atención a las Discapacidades (PAD) se enmarca dentro del Plan Director para la Igualdad de Oportunidades de la UPC, bajo la estructura del Servicio de Actividades Sociales, UNIVERS.

El principal objetivo es: Contribuir a la plena integración de la comunidad universitaria (estudiantes, PDI y PAS) que presenten alguna discapacidad, para que su actividad en la universidad se desarrolle con normalidad.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Identificar y conocer los/las estudiantes, PDI i PAS de la UPC con alguna discapacidad.
- Detectar, analizar, atender y/o derivar las necesidades de las personas de la comunidad universitaria con discapacidad.
- Velar por el cumplimiento de medidas técnicas y académicas, y conseguir los recursos necesarios.
- Informar y orientar sobre cuestiones relacionadas con la discapacidad.
- Promover la participación de las personas con alguna discapacidad en las actividades de la comunidad universitaria.
- Realizar acciones de sensibilización de la comunidad universitaria sobre la discapacidad.
- Promover la participación de la comunidad universitaria en actividades de atención y soporte a las personas con discapacidades.

A través de la Vicerrectora de Relaciones Institucionales y Promoción Territorial se crea la figura de los agentes colaboradores en los centros docentes propios y campus universitarios.

La función de los agentes colaboradores es detectar los estudiantes, PDI i PAS, de sus centros docentes o campus universitarios, con necesidades e informarnos de cada caso para coordinar las actuaciones a realizar.

Plan Director para la Igualdad de Oportunidades - UPC

Así pues, tal como se indica en la introducción, uno de los objetivos de la UPC es fortalecer el compromiso social y el respeto por la diversidad. De manera particular, quiere alcanzar la igualdad de oportunidades de aquellas personas que, de alguna manera, tienen vínculos con la institución.

Es con esta finalidad que se diseña y aprueba el Plan Director para la Igualdad de Oportunidades, mediante el cual la UPC se dota de una herramienta, de un medio y de un marco de referencia para desarrollar su compromiso institucional con este principio de igualdad, no-discriminación y de respeto por la diversidad.

Este plan define los principios sobre los cuales se han de desarrollar los Planes Sectoriales. Inicialmente, el compromiso con la comunidad universitaria es la elaboración, puesta en marcha y seguimiento de dos Planes Sectoriales, que tienen como base la igualdad de oportunidades por razón de género y por razón de discapacidad.

Dentro del Plan Sectorial para la Igualdad de Oportunidades por razón de discapacidad, destacamos el Objetivo General 4 "Eliminar todo tipo de barreras, asegurando la accesibilidad universal" que ha derivado en los siguientes objetivos específicos:

Objetivo Específico 12.- Introducir el principio de igualdad y de accesibilidad tecnológica y de comunicaciones.

Objetivo Específico 13.- Introducir el principio de igualdad y de accesibilidad arquitectónica, incorporándolo en los proyectos de obra nueva, de acuerdo con la legislación vigente, así como en la adaptación de los edificios ya existentes.

Para alcanzar estos objetivos se han previsto un total de 43 acciones a desarrollar en el período 2007-2010.

Las diferentes acciones han sido asignadas al responsable del Consejo de Dirección y al responsable directo de la gestión. Más información en:

- Universitat Politècnica de Catalunya. UPC 10: pla de govern 2006-2010. Disponible en
<http://www.upc.edu/catala/la-upc/planificacio/2006-2010/pla_actuacio10.htm>
[Consulta: 22 octubre 2009].
- Universitat Politècnica de Catalunya. Càtedra de Accesibilitat: arquitectura, disseny i tecnologia per a tots. Disponible en
<<http://www.upc.edu/catac/>>
[Consulta: 22 octubre 2009]
- Universitat Politècnica de Catalunya. Pla Director per a la Igualtat d'Oportunitats. Disponible en
<<http://www.upc.edu/bupc/>>

Convenios que regulan la participación de empresas en la realización de prácticas de los estudiantes

La ETSECCPB tiene una larga tradición de establecer convenios con empresas para la realización de prácticas de sus estudiantes en empresas. En los últimos 20 años más de 400 alumnos de la ETSECCPB se han acogido a este tipo de convenios para completar su formación en empresas de ingeniería.

Los programas de cooperación educativa de la UPC: carácter general

La Ley Orgánica de Universidades y la Ley de Universidades de Cataluña establecen en su articulado que una de las funciones de la universidad es preparar a los estudiantes para el ejercicio de actividades profesionales que exijan la aplicación de conocimientos y métodos científicos. Para favorecer el cumplimiento de esta función, la UPC promueve la participación de sus estudiantes en actividades de cooperación educativa. Un convenio de cooperación educativa es una estancia de prácticas profesionales en una empresa, durante un período de tiempo establecido entre el estudiante y la empresa y con la conformidad de la universidad, en el que el estudiante adquiere competencia profesional tutelado por profesionales con experiencia.

Los objetivos de los programas de cooperación educativa universidad-empresa son: complementar la formación recibida por el estudiante en la universidad con experiencias profesionales en el ámbito empresarial; promover y consolidar vínculos de colaboración entre la universidad y su entorno empresarial y profesional; fortalecer los lazos entre el estudiante y la universidad, así como con las empresas.

Existen dos tipos de actividades de cooperación educativa: los programas de cooperación educativa que son susceptibles de reconocimiento de créditos de libre elección, que se incorporarán al expediente del estudiante y las bolsas de trabajo con la tutela de la universidad que presentan un claro interés formativo para el estudiante, aunque no tengan una acreditación académica.

7.2. Previsión de adquisición de los recursos materiales y servicios necesarios

La ETSECCPB dispone de todos los recursos materiales para impartir el título que se propone y dispone de los mecanismos para realizar o garantizar la revisión, el mantenimiento y actualización de éstos.

8. RESULTADOS PREVISTOS

Subapartados

- 8.1. Valores cuantitativos estimados para los indicadores y su justificación
 8.2. Procedimiento general de la Universidad para valorar el progreso y los resultados de aprendizaje de los estudiantes en términos de las competencias del apartado 3

8.1. Valores cuantitativos estimados para los indicadores y su justificación

Siguiendo las indicaciones de la "Guía de apoyo para la elaboración de la memoria para la solicitud de verificación de títulos oficiales" de la ANECA, los resultados previstos se cuantifican mediante las siguientes tasas:

- Tasa de graduación: porcentaje de estudiantes que finalizan la enseñanza en el tiempo previsto en el plan de estudios o en un año académico más en relación a su cohorte de entrada.
- Tasa de abandono: relación porcentual entre el número total de estudiantes de una cohorte de nuevo ingreso que debieron obtener el título el año académico anterior y que no se han matriculado ni en ese año académico ni en el posterior.
- Tasa de eficiencia: relación porcentual entre el número total de créditos del plan de estudios a los que debieron haberse matriculado a lo largo de sus estudios el conjunto de graduados de un determinado año académico y el número total de créditos en los que realmente han tenido que matricularse.

La estimación de resultados propuestos en la tabla se basa en la experiencia y resultados del actual Master en Métodos Numéricos en Ingeniería en su versión presencial (oficial) y a distancia (no oficial)

La tabla siguiente relaciona a alumnos matriculados y finalizados en las modalidades presencial (oficial) y distancia (no oficial) del Curso en las ediciones 2010 – 2011 y 2011 – 2012 así como las previsiones de matrícula y finalización de las ediciones del curso del Master oficial renovado que aquí se propone (en sus tres versiones presencial a distancia y mixta) en los cursos 2012 – 2013, 2013 – 2014, 2014 – 2015.

	Modalidad Presencial		Modalidad a Distancia		Modalidad Mixta	
	Matriculados	Finalizados	Matriculados	Finalizados	Matriculados	Finalizados
2010 - 2011	4	2 (2 alumnos pendientes de completar la tesis)	12	8 (4 alumnos pendientes de completar la tesis)	0	0
2011 - 2012	8	6 (estimado)	15	10 (estimado)	0	0
2012 -	12	9	18	13	5	3

2013						
2013 - 2014	14	12	28	21	7	6
2014 - 2015	18	14	32	26	10	8

Es muy importante destacar que la versión oficial actual del master de Métodos Numéricos en Ingeniería se imparte de forma presencial en inglés. La versión presencial anterior (no oficial) del curso se impartía en castellano, en paralelo con la versión a distancia (también en castellano), desde 1989. El paso de la versión en castellano a inglés significó una pérdida de alumnos presenciales muy importante, que solo se ha comenzado a recuperar este curso académico.

Se destaca que además de los alumnos que se relacionan en el cuadro, las clases del Curso de Master de Métodos Numéricos en Ingeniería se imparten de forma compartida con los del master en Computacional Mechanics (Erasmus Mundus). Este master añade 10 alumnos más por año a las cifras de alumnos de los cursos 2010 – 2011 y 2011 – 2012. Con ello **el número de alumnos en todas las clases presenciales** durante estos años fue de 13 y 18 alumnos respectivamente de los cuales finalizaron 12 alumnos en la edición 2010 – 2011 y esta previsto que finalicen 18 alumnos en la edición 2011 – 2012.

La nueva modalidad de enseñanza presencial, a distancia y mixta que se propone para la versión renovada del curso, recuperará y aumentará de manera considerable los niveles de matrícula de las ediciones anteriores del curso, tal y como se ha reflejado en el cuadro anterior.

A la vista de esta experiencia se ha realizado la previsión siguiente:

Nombre de la tasa	Valor numérico
Tasa de graduación	78%
Tasa de abandono	15%
Tasa de eficiencia	90,0%

8.2. Progreso y resultados de aprendizaje

La UPC evalúa el rendimiento general de los/las estudiantes de sus titulaciones oficiales principalmente a través de los tres indicadores de rendimiento citados.

La evaluación del aprendizaje del alumnado se plantea de forma continua y servirá tanto para regular el ritmo de trabajo y del aprendizaje a lo largo del transcurso de la materia (evaluación formativa), como para permitir al alumnado conocer su grado de adquisición de aprendizaje (evaluación sumativa) y también para darle la opción, a reorientar su aprendizaje (evaluación formativa).

La evaluación sumativa se ha diseñado con el objetivo de calificar al alumno o alumna, para su correspondiente promoción y acreditación o certificación ante terceros. La calificación de cada alumno o alumna está basada en una cantidad suficiente de notas, las cuales, debidamente ponderadas, configuran su calificación final.

Para valorar el aprendizaje del estudiantado se han planificado diversos tipos de actividades de evaluación a lo largo de la impartición de cada materia. La programación de dichas actividades es un documento útil tanto para el alumnado como para el profesorado. Todas las actividades de evaluación son coherentes con los objetivos específicos y/o competencias genéricas programadas por el plan de estudios, en cada asignatura o materia. El conjunto de tareas y/o actividades que realiza el alumno o alumna configura su aprendizaje y le permite la obtención de la calificación final de cada asignatura o materia.

La evaluación se basa en unos criterios de calidad, suficientemente fundamentados, transparentes y públicos para el alumno o alumna desde el inicio. Dichos criterios están acordes tanto con las actividades planificadas, metodologías aplicadas, como con los objetivos de aprendizaje previstos a alcanzar por el alumnado.

La frecuencia de las actividades de evaluación viene determinada por el desarrollo tanto de los objetivos específicos como de la competencia o competencias contempladas en dicha asignatura o materia. El tipo de actividades serán tanto individuales como de grupo, y tanto dentro del aula como fuera de ella.

Está prevista también la evaluación de las competencias genéricas, descritas anteriormente, mediante unas estrategias de evaluación, propias para cada una de ellas, que garantizan la verificación de su adquisición.

Los resultados de aprendizaje se plasmarán en evidencias recogidas a lo largo de cada una de las materias, que darán fe de la consecución de los objetivos conseguidos para cada módulo, como resultado de lo obtenido en cada una de las materias que lo componen. El Trabajo Final de Master presentará los resultados de aprendizaje propios de toda la formación adquirida a lo largo del master

9. SISTEMA DE GARANTÍA DE LA CALIDAD

Subapartados

- 9.1 Responsables del sistema de garantía de calidad del plan de estudios
- 9.2 Procedimientos de evaluación y mejora de la calidad de la enseñanza y el profesorado
- 9.3 Procedimiento para garantizar la calidad de las prácticas externas y los programas de movilidad
- 9.4 Procedimiento de análisis de la inserción laboral de los graduados y de la satisfacción con la formación recibida y en su caso su incidencia en la revisión y mejor del título
- 9.5 Procedimiento para el análisis de la satisfacción de los distintos colectivos implicados (estudiantes, personal académico y de administración y servicios, etc.) y de atención a las sugerencias o reclamaciones y, en su caso, su incidencia en la revisión y mejora del título
- 9.6 Criterios específicos en el caso de extinción del título

9.1 Responsables del sistema de garantía de calidad del plan de estudios

La Comisión de evaluación académica de la ETSECCPB será la responsable de gestionar, coordinar y realizar el seguimiento del Sistema de Garantía Interno de la Calidad del programa formativo.

a) Estructura y composición:

En relación a su composición, estará formada por miembros del equipo directivo y técnico de la unidad, por personas de su comunidad (PDI, PAS y estudiantes) y, si se considera oportuno, por una representación de otros grupos de interés (empresas, centros de investigación, colegios profesionales, representantes de la administración, etc.) vinculados muy estrechamente a las actividades de la unidad.

b) Normas de funcionamiento:

El Reglamento de la Comisión especificará quien elige a los miembros y cuando se renuevan, la periodicidad de las reuniones (ordinarias y extraordinarias), quién las convoca y los plazos para convocar y anunciar el orden del día, qué tipo de información es preceptivo incluir; la duración máxima de la sesión; si existe la posibilidad de invitar con fines informativos a las personas que se consideren oportunas; el contenido mínimo del acta (asistentes, orden del día, fecha y lugar donde se ha celebrado, los puntos principales de las deliberaciones y el contenido de los acuerdos adoptados); y la custodia y el mecanismo para hacerla pública.

c) Mecanismos para la toma de decisiones: la toma de decisiones se llevará a cabo a través de las intervenciones de los miembros de la comisión correspondiente en las reuniones que periódicamente se lleven a cabo. Los acuerdos pueden ser adoptados por consenso o mediante votación, cuando fuera el caso. La comisión encargada del sistema de garantía de la calidad los elevará al órgano que corresponda para su aprobación.

d) Participación de los distintos colectivos (PDI, PAS, estudiantes, otros grupos de interés, etc.): se asegurará la participación de un número determinado de representantes de todos los colectivos de la unidad. Los miembros de la comisión tendrán voz y voto, en cambio, se puede considerar oportuno invitar a otras personas, las cuales pueden participar en la sesión con voz pero sin voto.

e) Funciones asignadas serán:

- Verificar el cumplimiento de los requisitos generales de la Política y Objetivos de Calidad de las enseñanzas del master y difundir esta información entre todos los colectivos de la unidad.
- Analizar y proponer mejoras en los procedimientos de:
 - Evaluación y mejora de la calidad de la enseñanza y el profesorado.
 - Garantía de la calidad de las prácticas externas y los programas de movilidad.
 - Análisis de la inserción laboral de los titulados y de la satisfacción con la formación recibida.
 - Análisis de la satisfacción de los distintos colectivos implicados y de atención a las sugerencias y reclamaciones.
- Realizar el desarrollo y seguimiento de los diferentes procesos que conforman el sistema, la identificación y coordinación de las unidades implicadas en el mismo, el seguimiento de las acciones correctoras y de mejora, los cambios que se planifiquen que puedan afectar al sistema de calidad, los resultados de cada proceso y las recomendaciones a llevar a cabo en función de los mismos para la mejora del plan de estudios.
- Elaborar propuestas de mejoras del sistema de calidad del programa formativo que se presentarán al órgano responsable del master para su ejecución, seguimiento y evaluación.

9.2 Procedimientos de evaluación y mejora de la calidad de la enseñanza y el profesorado**1) Procedimientos para la recogida y análisis de información sobre la calidad de la enseñanza.**

- Anualmente, se valora la calidad de la docencia de las asignaturas que conforman el plan de estudios del master mediante la Encuesta al estudiantado sobre las asignaturas. Los objetivos de esta encuesta son:
 - Detectar problemas en el ámbito de la docencia.
 - Posibilitar vías de solución para la mejora continua del plan de estudios.
 - Ser un elemento a tener en cuenta en la evaluación de las actividades de planificación, organización y seguimiento de las enseñanzas que corresponden a la unidad.

La población encuestada son todos los estudiantes de grado y de master. Se utiliza un modelo único en formato papel o en formato electrónico. Dicho instrumento consta de 9 preguntas comunes para todas las titulaciones:

FACTOR	ÍTEM	ESCALA DE VALORACIÓN
Aprendizaje	1. Mi interés en la materia ha aumentado como resultado de esta asignatura	1 - Muy en desacuerdo a 5 - Muy de acuerdo
	2. He aprendido y he comprendido los contenidos de esta asignatura	1 - Muy en desacuerdo a 5 - Muy de acuerdo
	3. He progresado significativamente en la consecución de las competencias genéricas definidas para esta asignatura	1 - Muy en desacuerdo a 5 - Muy de acuerdo
Organización y contenidos	4. Los objetivos de la asignatura están bien definidos	1 - Muy en desacuerdo a 5 - Muy de acuerdo
	5. La utilización de las herramientas TIC ha mejorado mi proceso de aprendizaje de la asignatura	1 - Muy en desacuerdo a 5 - Muy de acuerdo
Sistema de evaluación	6. La evaluación se corresponde con los objetivos y el nivel de la asignatura	1 - Muy en desacuerdo a 5 - Muy de acuerdo
Carga de trabajo	7. El nivel de exigencia de esta asignatura comparado con el de las otras del mismo cuatrimestre/curso ha sido	1. Mucho más bajo. 2. Más bajo. 3. Similar. 4. Más alto. 5. Mucho más alto
	8. De media, las horas por semana de aprendizaje autónomo en esta asignatura han sido	1. Menos de 3 horas 2. Entre 3 y 5 horas 3. Entre 5 y 7 horas 4. Entre 7 y 9 horas 5. Más de 9 horas
	9. En conjunto, estoy satisfecho/cha con esta asignatura	1 - Muy en desacuerdo a 5 - Muy de acuerdo

y, según la tipología de la asignatura (teoría, laboratorio, etc.), además se pueden añadir algunas preguntas adicionales. La gestión, el tratamiento y análisis de datos, y la difusión de los resultados de la encuesta se llevan a cabo de forma centralizada a través del Gabinete de Planificación, Evaluación y Calidad de la universidad. Los resultados de la encuesta se difunden a través de una intranet (<https://biblioteca.upc.es/apae/enquestes/selecperiode.asp>) y los datos se publican anualmente de forma agregada por unidad básica (centro y departamento). Los destinatarios de la difusión son el Vicerrectorado de Docencia y Estudiantado, los profesores de cada asignatura, los directores, administradores y técnicos de planificación y calidad de los centros y departamentos.

El informe de resultados de la encuesta será revisado y analizado por la Comisión de Gestión, que determinará el conjunto de actuaciones a llevar a cabo y presentará una propuesta para su aprobación al órgano responsable del master.

Esta Comisión se ocupará de solicitar al departamento responsable de una asignatura que tome las iniciativas necesarias, si la actividad docente de la asignatura se considera deficiente o incumple con los objetivos propuestos por la unidad. Si la Comisión considera que las deficiencias no han estado corregidas, se informará al órgano que corresponda para que actúe en consecuencia.

- Los estudiantes pueden hacer llegar sus opiniones acerca de la calidad de la enseñanza a través de sus representantes en la comisión de seguimiento de la calidad del master o directamente a su tutor o al jefe de estudios. Mediante los mecanismos establecidos por la unidad (Ej.: reuniones periódicas de los órganos, sesiones tutoriales individuales o grupales, etc.) se recogerán acciones de mejora sobre el proceso de aprendizaje, la resolución y previsión de problemas académicos y para la garantía de la calidad del plan de estudios.

2) Los procedimientos para la recogida y análisis de información sobre los resultados de aprendizaje.

Se tienen en cuenta los resultados obtenidos anualmente por los estudiantes sobre una serie de indicadores:

- Parámetro de resultado medio: es el cociente de la media de los créditos superados por el estudiante en un periodo lectivo sobre la media del total de créditos matriculados, excluyendo de este cómputo los créditos convalidados, adaptados, reconocidos y equiparados. Este indicador expresa el grado de eficacia del estudiante y de la institución docente en relación a su actividad académica.
- Parámetro de éxito: es el cociente de los créditos superados por el estudiante en un periodo lectivo sobre el total de créditos presentados, excluyendo de este cómputo los créditos convalidados, adaptados, reconocidos, equiparados y los "No presentado".
- Media de créditos teóricos: resulta de dividir el número total de créditos por el número de cuatrimestres teóricos.
- Tasa de eficiencia: relación porcentual entre el número total de créditos teóricos del plan de estudios a los que debieron haberse matriculado a lo largo de sus estudios el conjunto de estudiantes titulados en un determinado curso académico y el número total de créditos en los que realmente han tenido que matricularse.
- Tasa de abandono: relación porcentual entre el número total de estudiantes de una cohorte de nuevo ingreso que debieron obtener el título el año académico anterior y que no se han matriculado ni en ese año académico ni en el anterior.
- Tasa de graduación: porcentaje de estudiantes que finalizan la enseñanza en el tiempo previsto en el plan de estudios o en año académico más en relación con su cohorte de entrada.

Los resultados de estos indicadores se hacen públicos cada año en la web de Datos Estadísticos y de Gestión de la UPC (<http://www.upc.edu/dades/>), y se presentan en esta plataforma de forma global (Apartado Docencia, Subapartado 1.4.1) y por titulaciones (Apartado Docencia, Subapartado 1.4.2). Dichos resultados se tendrán

que traducir en actuaciones orientadas a la mejora del proceso de aprendizaje del estudiantado.

Por otra parte, con carácter anual, por unidades y titulaciones, la UPC también publica en su web de Datos Estadísticos y de Gestión (<http://www.upc.edu/dades/>, Apartado Docencia, Subapartado 1.5.1) indicadores relativos a los titulados:

- la distribución del número de titulados por género y edad
- el % de titulados en función de la duración de los estudios
- la evolución global y por titulaciones de los titulados
- el número de titulados con una estancia académica internacional equivalente a un cuatrimestre

El objetivo de dichas publicaciones, tanto en el caso de los indicadores sobre los resultados académicos como sobre los titulados, es rendir cuentas a la comunidad universitaria y a la sociedad en general.

Para la evaluación del aprendizaje de los estudiantes también se utilizan otros mecanismos (exámenes, proyectos realizados, trabajos finales de master, etc.) como indicadores para determinar el grado de consecución de los objetivos establecidos en el plan de estudios. Los resultados obtenidos por los estudiantes en cada una de las pruebas quedan certificados mediante unos actos de evaluación que sirven de instrumento para que el órgano/comisión encargado de la evaluación del estudiantado lleve a cabo su análisis y tome las medidas y las decisiones adecuadas para la mejora del plan de estudios.

La Comisión de Gestión encargada de la calidad del plan de estudios garantizará que anualmente se midan, se analicen y se utilicen los resultados del aprendizaje para la toma de decisiones y la mejora continua de la calidad de las enseñanzas impartidas. Para ello se elaborará un informe o memoria anual que se presentará al órgano responsable del master para que analice dichos resultados y defina las medidas que sean necesarias.

3) Los procedimientos para la recogida y análisis de información sobre el profesorado.

3.1. Manual de evaluación de la Actividad Docente de la UPC

Con respecto a los mecanismos de evaluación y mejora de la calidad del profesorado, la Universitat Politècnica de Catalunya aplica desde el curso 2007/2008 un modelo de evaluación del profesorado basado en el Manual de Evaluación de la Actividad Docente de la UPC aprobado por el Consejo de Gobierno (acuerdo número 174/2007 del Consejo de Gobierno de 13 de noviembre de 2007 y, desde el curso 2008/2009, acuerdo número 68/2009 del Consejo de Gobierno de 30 de marzo de 2009).

Esta certificación responde a la adecuación del modelo de evaluación de la UPC a los criterios establecidos por AQU Catalunya a: Resolución IUE / 2037/2007, de 25 de junio, que publica las Instrucciones para la Certificación de Manuales de Evaluación Docente de las Universidades Públicas Catalanas y la Guía para el diseño y la implantación de un modelo institucional de evaluación docente del profesorado a las universidades públicas catalanas (AQU Catalunya, segunda edición).

La evaluación del profesorado funcionario y contratado no se hace únicamente a efectos de la concesión de un complemento autonómico, sino que tiene que permitir:

- Informar de los resultados de la evaluación a AQU Catalunya y al departamento competente en materia de universidades para la obtención del complemento autonómico.
- Informar los tribunales de concursos para plazas de profesorado.
- Considerarla un requisito para presidir los tribunales de los concursos de acceso a plazas de profesorado, y un mérito para formar parte.
- Considerarla un mérito en los procesos de promoción interna.
- Considerarla un mérito en las solicitudes de ayudas para la innovación, la mejora docente y la búsqueda sobre docencia.
- Considerarla un mérito para la concesión de permisos y licencias.
- Considerarla un mérito en la solicitud de la condición de profesor emérito.
- Considerarla un requisito para poder optar a la concesión de premios y otros reconocimientos de calidad docente.
- Considerarla un requisito para poder optar a la concesión del complemento autonómico de docencia.
- Otros efectos que el Consejo de Gobierno determine en acuerdos posteriores a la aprobación de este modelo.

El modelo de evaluación recoge información referente a los contenidos siguientes:

- Autoinforme del profesor.
- Planificación docente.
- Actuación profesional.
- Resultados de la actividad docente.
- Satisfacción de los estudiantes.

En el apartado del autoinforme, se pretende que el profesor haga una reflexión personal sobre la docencia impartida (haciendo referencia al resto de apartados) así como identificar los méritos docentes más relevantes del quinquenio.

En el apartado de planificación docente, se tiene en cuenta el volumen de docencia, así como la variedad de asignaturas impartidas durante el quinquenio, y en el apartado de "actuación profesional" se quiere dar importancia a las actividades que el profesor ha realizado y que están vinculadas a la mejora docente.

Para asegurar una buena valoración de las tareas desarrolladas por el profesor se han designado diferentes comisiones de ámbito que se encargan de validar y valorar los méritos aportados por el profesor.

3.2. Encuesta al estudiantado sobre la actuación docente del profesorado

Para valorar la satisfacción de los estudiantes, la UPC realiza la Encuesta al estudiantado sobre la actuación docente del profesorado que valora anualmente la calidad académica del profesorado. Los objetivos de esta encuesta son:

- Contribuir a la mejora de la calidad docente de la Universidad.
- Detectar problemas en el ámbito de la docencia y posibilitar vías de solución para la mejora continua del plan de estudios.
- Ser un elemento a tener en cuenta en la valoración del complemento de méritos docentes (quinquenios), la promoción o renovación del contrato, la concesión de permisos temporales, y la evaluación de la docencia del Departamento donde esté asignado.

La población encuestada son todos los estudiantes de grado y de master. Se utiliza un modelo único en formato papel o en formato electrónico. Dicho instrumento consta de 10 preguntas comunes para todas las titulaciones:

FACTOR	ÍTEM	ESCALA DE VALORACIÓN
El profesor/ra...		
Motivación	1. Con su manera de presentar el contenido de la asignatura, consigue mantener la atención	1 - Muy en desacuerdo a 5 - Muy de acuerdo
Organización y contenidos	2. Organiza de forma clara y eficaz la materia, estructurando la progresión adecuada de los contenidos de la asignatura	1 - Muy en desacuerdo a 5 - Muy de acuerdo
	3. El material didáctico que recomienda o facilita es eficaz para el aprendizaje	1 - Muy en desacuerdo a 5 - Muy de acuerdo
	4. Las actividades que encarga en horario no presencial me ayudan a seguir la asignatura	1 - Muy en desacuerdo a 5 - Muy de acuerdo
	5. Los contenidos de la asignatura se ponen en relación con el conjunto de la titulación	1 - Muy en desacuerdo a 5 - Muy de acuerdo
Interacción con el grupo	6. Fomenta la participación, el debate y los intercambios de opinión	1 - Muy en desacuerdo a 5 - Muy de acuerdo
Actitud personal	7. Se muestra accesible a que se le hagan consultas sobre la asignatura	1 - Muy en desacuerdo a 5 - Muy de acuerdo
	8. Hace que me sienta bien recibido/da cuando le pido ayuda o consejo	1 - Muy en desacuerdo a 5 - Muy de acuerdo
Seguimiento	9. Me da suficiente información sobre mi progreso durante el curso	1 - Muy en desacuerdo a 5 - Muy de acuerdo
	10. El profesor/ra que ha impartido esta asignatura es un buen docente	1 - Muy en desacuerdo a 5 - Muy de acuerdo

y, según la tipología de la asignatura (teoría, laboratorio, etc.), además se pueden añadir algunas preguntas adicionales. La gestión, el tratamiento y análisis de datos, y la difusión de los resultados de la encuesta se llevan a cabo de forma centralizada a través del Gabinete de Planificación, Evaluación y Calidad de la universidad. Los resultados de la encuesta se difunden a través de una intranet (<https://biblioteca.upc.es/apae/enquestes/selecperiode.asp>) y los datos se publican anualmente de forma desagregada por profesores y de forma agregada por unidad básica (centro y departamento). Los destinatarios de la difusión son el Vicerrectorado de Política Académica, el profesorado, los directores, administradores y los técnicos de planificación y calidad de los centros y departamentos, y el Servicio de Personal.

El informe de resultados de la encuesta será revisado y analizado por la Comisión de Gestión, que determinará el conjunto de actuaciones a llevar a cabo y presentará una propuesta para su aprobación al órgano responsable del master.

La Comisión de Gestión es el órgano encargado de velar por la calidad de las enseñanzas impartidas, y de evaluar la actividad docente y la tarea docente del PDI adscrito a la unidad. Esta Comisión se ocupará de evaluar la tarea docente del PDI asignado al master y de elaborar informes sobre la tarea docente llevada a cabo por este personal. Para ello se tendrán en cuenta, entre otros elementos, los resultados obtenidos en esta encuesta y se informará de los mismos al director/a del master junto con un informe de medidas correctoras a adoptar y de acciones de mejora a aplicar.

3.3. Info PDI

También se dispone de otro mecanismo para la consulta de la valoración del estudiantado sobre la actuación docente y de los indicadores sobre la actividad docente, de investigación, de dirección y coordinación, y de extensión universitaria del PDI. Se trata de un aplicativo informático llamado "Info PDI" (<https://biblioteca.upc.es/apae/infopdi/login.asp>) que contiene la evolución histórica de cada uno de los indicadores de actividad del profesorado y los resultados de las encuestas de los estudiantes desde el curso 1995/1996. A este

aplicativo puede tener acceso cada profesor, el cual puede visualizar un informe global que contiene su progresión en los distintos ámbitos de su actividad:

- Docencia: docencia impartida en titulaciones de grado, master y doctorado; direcciones de TFG y TFM, trabajos de investigación tutelados y proyectos de tesis; participación en tribunales (TFG, TFM, tesis y DEA); coordinaciones de programas docentes, de programas de intercambios de estudiantes, de programas de cooperación educativa, etc.; actividades personales (asistencia a cursos, seminarios, jornadas, simposios de formación docente, pedagógica o de materias propias del área de conocimiento, ...); y encuestas de los estudiantes.
- Investigación: resultados de la actividad de investigación obtenidos a partir de la publicación de artículos en revistas, congresos, libros, premios, etc.
- Dirección y coordinación: de órganos de gobierno y de representación, en órganos colegiados o unipersonales de las unidades básicas, etc.
- Extensión universitaria: resultados de la actividad de extensión universitaria, relacionados con actividades de voluntariado, de colaboración con las instituciones y con los medios de comunicación, etc.

El Info PDI constituye para el profesorado un motivo individual de reflexión, que incide en la mejora de la calidad docente. Dicho aplicativo se actualiza anualmente y se gestiona a través del Gabinete de Planificación, Evaluación y Calidad en colaboración con el Servicio de Personal de la UPC.

3.4. Plan de Formación del PDI de la UPC

En relación a la formación del PDI y su vinculación con la evaluación del profesorado, la UPC cuenta con un Plan de Formación del PDI (Documento aprobado por el Consejo de Gobierno de fecha 22 de julio del 2005) en el cual se establecen los objetivos generales, los instrumentos para su ejecución y evaluación y los criterios de priorización de las actividades de formación. Según este documento marco, el Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la UPC canaliza todas las actividades formativas dirigidas al PDI con el objetivo de mejorar su actividad académica (docencia, investigación, transferencia de tecnología, extensión universitaria, y dirección y coordinación) incluyendo también ayudas para la formación externa, bien sea instrumental o en el propio ámbito de conocimiento.

La oferta formativa se visualiza a través de la propia página web del ICE y del portal PDI/PAS de la web de la UPC, aprovechando los recursos ya existentes (inscripciones vía web, listas de distribución, etc.) así como otros medios de comunicación interna de forma coordinada con el Servicio de Comunicación y Promoción de la UPC.

La Junta del ICE aprueba anualmente las líneas de formación a impulsar así como los colectivos y las situaciones a las cuales se dirigen, de acuerdo con las líneas estratégicas de la institución aprobadas por el Consejo de Gobierno de la UPC. El ICE lleva a cabo la priorización de las solicitudes y canaliza el proceso de acreditación de las actividades formativas realizadas por el PDI. Las diversas comisiones del Consejo de Gobierno, a propuesta del ICE, asignan el reconocimiento pertinente de acuerdo con la tipología de actividad realizada.

4) Objetivos de calidad previamente fijados

- Proporcionar una formación dirigida hacia la excelencia, garantizando una oferta académica acorde con las necesidades y expectativas de los usuarios y la sociedad en general.

- Facilitar al PDI y PAS, la adquisición de la formación necesaria para realizar sus respectivas actividades, y facilitar los recursos necesarios para que las puedan desarrollar satisfactoriamente.
- Conseguir un compromiso permanente de mejora continua.
- Orientar continuamente la dirección y la gestión de la Universidad a los objetivos de docencia e investigación.
- Asegurar que la Política de Calidad sea entendida y aceptada por todos los grupos de interés y que se encuentre a disposición de todos ellos.
- Garantizar que el Sistema de Gestión de Calidad se mantenga efectivo y que sea controlado y revisado de forma periódica.

9.3. Procedimiento para garantizar la calidad de las prácticas externas y los programas de movilidad

1) Procedimientos/mecanismos para la recogida y análisis de información sobre las prácticas externas ¹

La UPC promueve la participación de sus estudiantes en actividades profesionales que exigen la aplicación de conocimientos y métodos científicos a través de los llamados "Convenios de cooperación educativa" (CCE). El CCE es una estancia de prácticas profesionales en una empresa, durante un periodo de tiempo establecido entre el estudiante y las empresas y con el visto bueno de la universidad, en la cual el estudiante adquiere competencia profesional, tutelado por profesionales con experiencia.

Los objetivos de los programas de cooperación educativa universidad-empresa son complementar la formación recibida por el estudiante con experiencias profesionales en el ámbito empresarial, promover y consolidar los vínculos de colaboración entre la universidad y su entorno empresarial y profesional, y fortalecer los vínculos entre el estudiante y la universidad, así como con las empresas.

Existen dos tipos de actividades de cooperación educativa: los programas de cooperación educativa que son susceptibles de reconocimiento de créditos de libre elección, que se incorporan al expediente del estudiante, y las bolsas de trabajo con tutela de la universidad que presentan un claro interés formativo para el estudiante, aunque no tengan una acreditación académica. Las prácticas en empresas disponen de un marco legal interno que se detalla en el acuerdo de la Junta de Gobierno de 19 de febrero de 1993 y en el acuerdo núm. 43/2007 del Consejo de Gobierno. En el conjunto de empresas que pueden participar dentro de este marco de cooperación educativa se incluyen las empresas privadas, las empresas e instituciones públicas tales como ayuntamientos, diputaciones, etc., y profesionales liberales y colegios profesionales.

Las unidades básicas, mediante sus direcciones web, proporcionan toda la información necesaria en relación a la demanda de un estudiante que desea incorporarse a un convenio de cooperación educativa, según el perfil deseado (especialidad, conocimientos, idiomas, etc.), así como las tareas que tendrá que desarrollar en la empresa y el periodo de la práctica.

¹ Respecto al concepto de "Práctica externa" hemos de tener en cuenta lo siguiente:

- En el caso de la UPC, entendemos por "práctica externa", la estancia de carácter formativo que realiza el estudiante en un entorno de trabajo real, en el marco de un convenio debidamente regulado suscrito entre la universidad y las empresas, instituciones y organismos.

Las empresas que disponen de estudiantes en régimen de prácticas firman un convenio de colaboración entre la empresa, el estudiante y el director/a de la unidad responsable del master. La empresa recibirá los currículums de los estudiantes interesados y realizará la selección definitiva. Una vez seleccionado el estudiante, la empresa designará a un tutor responsable y la unidad designará a un profesor tutor que llevarán a cabo el seguimiento y lo guiarán durante la realización del programa asegurando de esta forma la consecución de los objetivos de aprendizaje definidos previamente. El estudiante recibirá una compensación económica, que se establecerá con la unidad en la cual esté matriculado el estudiante, y una vez finalizada la actividad si la evaluación es positiva el estudiante podrá solicitar el reconocimiento de créditos de libre elección por prácticas en empresas.

Los estudiantes localizarán las ofertas de las empresas en los tableros de anuncios o en la web de la unidad. Los CCE se gestionan a través de una base de datos que se actualiza de forma continua por parte del personal de la unidad de empleo de la unidad básica. La actividad de los CCE se mide a partir de una serie de indicadores que evalúan la calidad de los mismos, entre los cuales destaca el número de estudiantes, el número de convenios y el número de horas realizadas por los estudiantes. Dicha información se publica y se actualiza cada curso académico en la Web de Datos Estadísticos y de Gestión de la UPC (<http://www.upc.edu/dades/>, Apartado de Docencia, Subapartado número 1.6.5).

Para llevar a cabo el procedimiento de recogida de información sobre las prácticas externas y sobre las opiniones de los estudiantes de las prácticas, al finalizar el curso académico, la unidad responsable de prácticas externas de la unidad básica recogerá evidencias (cuestionarios de opinión de los estudiantes/tutores, indicadores, documentos...) para llevar a cabo un informe que contribuya a la evaluación y mejora de dicho proceso.

El informe citado será considerado por el responsable de las prácticas externas del master que lo remitirá a la Comisión de Gestión, que será la encargada de tomar las decisiones que correspondan en la revisión y mejora de las prácticas del master. Estas decisiones de mejora se darán a conocer a los responsables de ejecutarlas y a los grupos de interés afectados.

La bolsa de trabajo de la unidad básica, regulada de forma específica en el acuerdo de la Junta de Gobierno de 19 de febrero de 1993, es básicamente una herramienta para la realización de prácticas en empresas. Hay que tener en cuenta que hay un responsable académico (jefe de estudios u otro cargo) de la bolsa de trabajo y que cada una dispone de procedimientos de actuación establecidos y de la documentación adecuada en cada caso para gestionar y llevar un seguimiento adecuado de este proceso.

2) Procedimientos/mecanismos para la recogida y análisis de información sobre los programas de movilidad ²

En este ámbito, la UPC promueve programas de movilidad (SICUE-SÉNECA, -- ERASMUS, UNITECH, CINDA, Smile-Magalhaes y convenios específicos con universidades de todo el mundo para intercambios o dobles titulaciones) para realizar estancias de intercambio académico en otras universidades de España o en el extranjero, así como también para realizar prácticas con reconocimiento académico en empresas en el extranjero. La movilidad de estudiantes se coordina desde el Servicio de Relaciones Internacionales.

Los acuerdos de movilidad quedan plasmados por escrito, firmados por los cargos correspondientes de ambas universidades. La unidad básica tiene informatizada la gestión de los intercambios a través de herramientas informáticas específicas, bases de datos, listas de correo electrónico e información específica en el programa de gestión de matrículas de los estudiantes. La información relativa a la gestión y coordinación de los distintos programas de movilidad (convocatorias, becas, reuniones informativas, etc.) se publica en la web del Servicio de Relaciones Internacionales y también en la propia web de la unidad básica.

La actividad de los programas de movilidad se mide a partir de una serie de indicadores que evalúan la calidad de los mismos, entre los cuales destacan las encuestas de las propias unidades básicas, la encuesta sobre la estancia -Erasmus de la Agencia Nacional ERASMUS y las encuestas de satisfacción de los estudiantes.

Desde la Comisión de Gestión se realizará un seguimiento del estudiante en la participación en los posibles programas de movilidad, se elaborará la propuesta de reconocimiento de créditos al finalizar el programa de intercambio, se realizará una entrevista personal con el estudiantado que ha participado en los programas de intercambio y se elaborará un informe de resultados para la mejora del desarrollo del plan de estudios.

Con el fin de garantizar la calidad de los programas de movilidad, la Comisión de Gestión del master llevará a cabo una revisión periódica de dichos programas, analizando el nivel de alcance de los objetivos propuestos, las posibles deficiencias detectadas y el nivel de satisfacción de los estudiantes. Para extraer esta información se hará uso de indicadores (número de estudiantes que participan en programas de movilidad, origen de la movilidad, destino de la movilidad, etc.) y de encuestas de satisfacción a estudiantes. Los resultados del análisis de esta información serán trasladados a los responsables de los programas de movilidad al finalizar cada curso académico, con el fin de implementar las mejoras pertinentes. Las propuestas de mejora irán dirigidas, en su caso, a:

- Responsables del título.
- Responsable de Intercambios de la unidad.
- Responsable del Servicio de Relaciones Internacionales de la Universidad.
- Responsable (Vicerrectorado) de Política Internacional.
- Responsable (Vicerrectorado) de Estudiantes.

Las propuestas de mejora estarán centradas, en su caso, en:

² Respecto al concepto de " Programa de Movilidad" hemos de tener en cuenta lo siguiente:

En la Universidad se entiende por "programa de movilidad":

- la posibilidad o acción de estudiantes de de la UPC que llevan a cabo un programa de movilidad en otra institución de educación superior o
- estudiantes de otras instituciones de educación superior que llevan a cabo un programa de movilidad en la UPC. Dicho programa debe llevar asociado la exigencia de reconocimiento académico de las materias impartidas durante la estancia.

- Ampliación o disminución de plazas.
- Nuevos convenios con otras Universidades, revisión y/o modificación de los existentes.
- Atención a las quejas, sugerencias y reclamaciones de los distintos colectivos implicados.

Para rendir cuentas sobre los programas de movilidad, cada curso académico se publican en la web de Datos Estadísticos y de Gestión de la UPC (<http://www.upc.edu/dades/>, Apartado de Docencia, Subapartado 1.6.4), los indicadores más relevantes de la movilidad de estudiantes de la Universidad.

9.4. Procedimientos de análisis de la inserción laboral de los titulados y de la satisfacción con la formación recibida

La UPC impulsa la Encuesta a titulados de la UPC.

Los objetivos de dicha encuesta son:

- Evaluar su inserción laboral 3 años después de finalizar sus estudios.
- Valorar su satisfacción con la formación recibida en la Universidad y su adecuación al lugar de trabajo que ocupan.
- Además esta encuesta se trata de un proyecto compartido con todas las universidades catalanas y la Agencia de Calidad del Sistema Universitario catalán (AQU Catalunya). Este instrumento permite realizar una evaluación transversal de la inserción laboral de los titulados universitarios y armonizar la metodología utilizada para poder comparar e integrar la información con el objetivo de extraer conclusiones fiables en el ámbito catalán.
- Finalmente, los resultados de este cuestionario permiten extraer indicadores para comparar las posibilidades de inserción que ofrecen las diferentes titulaciones de la UPC y, al mismo tiempo, posibilita el análisis de cada una de las áreas de conocimiento en particular.

La población encuestada es una muestra de los titulados y se utiliza un modelo único de encuesta para todo el colectivo. La encuesta está estructurada en distintos bloques: el primero está relacionado con el primer trabajo (dificultad, cuándo y cómo se encontró, etc.), el segundo con la situación laboral actual del encuestado (ámbito y características de la empresa, salario, tipo y duración de contrato, funciones realizadas, satisfacción con el trabajo, factores que influyeron para que lo contrataran, etc.), el tercero está relacionado con el nivel de formación recibida en la UPC (la formación teórica y práctica; las competencias transversales como la informática, los idiomas o la documentación; las competencias interpersonales y de gestión como la expresión oral, la comunicación escrita, el trabajo en equipo, el liderazgo y la gestión; y las competencias cognitivas como son la resolución de problemas, la toma de decisiones, la creatividad o el pensamiento crítico) y su adecuación al lugar de trabajo, el cuarto está vinculado con la formación continuada, en el quinto se pregunta acerca de la movilidad mientras que en el sexto bloque se analizan las situaciones de titulados en paro (medios para buscar trabajo, tiempo en desempleo, elementos que pueden dificultar el acceso a un trabajo, etc.).

A partir de los resultados de la encuesta, AQU Catalunya elabora dos tipos de informes que contienen datos agregados: "La inserción laboral de los titulados universitarios. Total por áreas en Cataluña" y "La inserción laboral de los titulados universitarios. Total por subáreas en Cataluña".

Desde el Gabinete de Planificación, Evaluación y Calidad de la UPC, a partir de los resultados de esta encuesta se confecciona el "Informe sobre la inserción laboral de

los titulados de la UPC”, el cual se difunde a través de prensa escrita y mediante el Sistema de Información Directiva de la UPC y se presenta en distintos foros de los órganos de gobierno, de representación y de consulta, como el Consejo de Dirección o el Consejo de Directores de Centros Docentes para su información, reflexión y debate. Paralelamente, también se hace difusión de los resultados por centros y titulaciones a través del web de Datos Estadísticos y de Gestión de la UPC (<http://www.upc.edu/dades/>, Apartado Centros Docentes, Subapartado “Encuestas a los titulados”).

En conclusión, los datos extraídos de esta encuesta representan una herramienta que permite realizar un seguimiento de los indicadores básicos de inserción laboral de los titulados de la UPC, de conocer la tasa de ocupación por unidades básicas y la valoración de la formación recibida en cada una de ellas, y de aplicar sin perder de vista la complejidad del mercado laboral las adecuadas medidas de mejora en el plan de estudios.

Por otra parte, la UPC dispone de la Oficina de Orientación e Inserción Laboral - OOIL, (en breve cambiará de nombre para convertirse en el Servicio de Carreras Profesionales de UPC Alumni), que tiene por objetivo dar respuesta a las necesidades de estudiantes y titulados de la UPC en materia de orientación e inserción laboral.

El objetivo principal del servicio es facilitar la inserción laboral de los recién titulados de la UPC que se inscriben en su bolsa de empleo, pero con una perspectiva transversal, es decir, pensando en las futuras oportunidades laborales, para procurar un correcto posicionamiento ante el mercado de trabajo y facilitando el desarrollo de la carrera profesional.

El servicio de empleo de la UPC se vincula de manera directa y estrecha con las empresas de su sector, captando sus ofertas de empleo y también integrándolos en el proceso de orientación de los recién titulados a través de diversas actividades de orientación y desarrollo de la carrera profesional: mesas redondas, workshops, talleres de formación en habilidades personales y competencias directivas, visitas a empresas, sesiones de networking...

A través de las sinergias establecidas con las empresas, éstas reciben asesoramiento sobre sus necesidades de incorporación de personal cualificado (perfiles profesionales derivados de las titulaciones de la UPC) y sobre las condiciones laborales que se les pueden ofrecer.

Además, la OOIL realiza de forma periódica estudios sobre los titulados inscritos en el servicio de empleo y sobre los empleadores. En el caso de los titulados, se utiliza una encuesta on-line con los datos más significativos sobre el trabajo desarrollado, el tipo de empresa donde trabajan (sectores, número de trabajadores, etc.), el proceso de búsqueda de empleo seguido, las condiciones laborales, la valoración del puesto de trabajo actual, la movilidad internacional o la formación continuada, entre otros temas. En el caso de las empresas, se realizan encuestas personales con gerentes y responsables de recursos humanos que identifican las necesidades de personal de las empresas, tipología de perfiles, necesidades formativas, etc. Se detecta también la opinión de la empresa sobre los titulados de la UPC, sus puntos fuertes y las áreas de mejora.

Los resultados obtenidos en el estudio se presentan en un documento escrito que se publica y difunde en distintos formatos (web, correo electrónico, papel, CD, etc.). Los destinatarios de la difusión son estudiantes, la propia universidad, los centros docentes, los responsables de las administraciones públicas, las empresas y la sociedad en general, ya que se trata de un estudio público y de libre difusión.

La unidad responsable del master llevará a cabo un análisis sobre la inserción laboral y la satisfacción de los titulados a partir de los estudios elaborados y publicados por AQU Cataluña y también a partir de encuestas propias a los titulados, estudios de opinión de los empleadores, observatorios del mercado laboral, etc. Se elaborará un informe que se expondrá a los órganos de gobierno del centro para poder planificar actuaciones de mejora de los planes de estudios.

9.5. Procedimiento para el análisis de la satisfacción de los distintos colectivos implicados (estudiantes, personal académico y de administración y servicios, etc.) y de atención a las sugerencias y reclamaciones.

1) Procedimientos/mecanismos para la recogida y análisis de información sobre la satisfacción de los colectivos implicados en el Título

La unidad básica dispone de un reglamento propio (aprobado por el Claustro Universitario) en el cual se define, entre otros aspectos, la estructura de gobierno y de gestión de la unidad. En este reglamento se especifican las funciones de cada uno de los órganos de gobierno y la representatividad en éstos de los diferentes colectivos que forman la comunidad. A través de las reuniones de las comisiones de estos órganos colegiados y unipersonales se canalizan las opiniones de los colectivos de la unidad, las cuales quedan registradas en unas actas y se toman acuerdos que se convertirán en acciones de mejora para el desarrollo del plan de estudios.

Por otra parte, al objeto de recabar la información sobre el nivel de satisfacción de los colectivos implicados en el título, se utilizarán encuestas para poder contrastar adecuadamente las distintas opiniones.

El procedimiento para la realización de las encuestas de opinión comienza con el envío de la herramienta de recogida de información (mediante correo electrónico o plataforma virtual), por parte de la unidad competente establecida a tal efecto por la unidad básica o la Universidad, a los estudiantes, PDI, PAS y otros agentes externos (cuando sea el caso) implicados en el título, indicándoles una fecha máxima para su remisión. La encuesta podrá ser cumplimentada en formato electrónico. Los datos se volcarán en un fichero informático para su procesamiento y análisis por parte de la unidad o servicio responsable.

Finalizados los análisis de satisfacción global, la unidad competente elaborará un informe con los resultados. En él se definirán los puntos fuertes y débiles, así como las propuestas de mejora detalladas y dirigidas a los agentes pertinentes. La unidad competente trasladará al responsable del título los resultados de satisfacción y las propuestas que hayan elaborado a partir de la información recabada. Dichas propuestas deben permitir detectar las necesidades de mejora y obtener orientaciones básicas para el diseño de acciones encaminadas a subsanar las deficiencias detectadas. El responsable del título trasladará las propuestas de mejora a la Comisión de Gestión del master.

Cuando se disponga de varias evaluaciones, la unidad competente tendrá en cuenta la evolución de los datos de satisfacción y lo hará constar en los informes.

El seguimiento de la ejecución de las acciones derivadas debe recoger, en su caso, los siguientes aspectos: acciones propuestas, responsable(s) del seguimiento de la acción, valoración del grado de cumplimiento y tiempo necesario para su ejecución.

En concreto, los estudiantes también pueden presentar sus opiniones en las sesiones tutoriales o a través del jefe de estudios de la titulación. En este sentido, la UPC cuenta con un Plan de acción tutorial que consiste en un servicio de atención

al estudiante, a través del cual el profesorado proporciona elementos de información, orientación y asesoramiento de forma grupal y personalizada. La tutoría permite recibir orientación en dos ámbitos: el académico, con el seguimiento de la progresión académica y asesoramiento en cuanto a la trayectoria curricular en función de las posibilidades de cada uno; y, el personal, con el asesoramiento sobre el proceso de aprendizaje (adecuación de los métodos de estudio, recursos disponibles en la universidad, etc.). Al comienzo de curso se comunica al estudiante quién es su tutor o tutora. Se realizan reuniones grupales al inicio de curso para resolver o prever problemas académicos que puedan surgir.

2) Procedimientos/mecanismos para la recogida y análisis de información sobre las sugerencias o reclamaciones de los estudiantes

En este ámbito, la UPC dispone de la figura del Defensor de la comunidad universitaria de la UPC, cuya misión fundamental es la de recibir quejas, sugerencias, iniciativas y propuestas de mejora, así como atender a cualquier persona física o jurídica que no se considere suficientemente atendida a través de los canales de que dispone la comunidad. Este mecanismo está regulado en los Estatutos de la UPC (Título VI) y en el Reglamento número 9/2004 del Claustro Universitario. El Defensor de la UPC no está sujeto a ningún mandato imperativo, no recibe instrucciones de ninguna autoridad y cumple sus funciones con autonomía y según su criterio. Entre sus funciones está la de presentar al Consejo Social y al Claustro Universitario un informe anual sobre sus actuaciones y la de facilitar la presentación de sugerencias relacionadas con la mejora de la calidad en el funcionamiento de la universidad y atenderlas con una atención especial. El procedimiento para tramitar las quejas u observaciones es a través de escrito y documentos justificativos. En todos los casos el Defensor debe emitir resolución o si decide no admitir a trámite una queja tiene que comunicarlo al interesado mediante un escrito motivado. Para rendir cuentas de sus acciones, en la web de la UPC, en el apartado "La UPC", subapartado "La institución", esta figura dispone de un apartado específico en el cual se hacen públicos, además de su reglamento y su marco de actuación, los informes que ha elaborado hasta el momento incluyendo una relación de quejas, de actuaciones y de recomendaciones desde el 1995 hasta el 2006. Dicho acopio contiene de forma resumida la tipología de expedientes tramitados y las recomendaciones realizadas hasta el momento.

Por otra parte, según el artículo 162 de los Estatutos de la UPC, los estudiantes para potenciar su participación en todos los ámbitos de la vida universitaria y su contribución en las finalidades de la Universidad, tienen que crear una organización propia, que tiene que incluir, como uno de sus órganos de representación, el Consejo del Estudiantado. Este órgano representa a todos los estudiantes de la UPC y se rige por el reglamento aprobado por acuerdo número 15/1999 de la Junta de Gobierno. En dicho reglamento se establece sus competencias, sus objetivos, su funcionamiento, sus órganos y las funciones que le corresponde. Entre las competencias de este Consejo están la de servir de medio de expresión de las aspiraciones, peticiones y propuestas de los estudiantes; y promover, coordinar y defender sus inquietudes, derechos e intereses, además de emitir informes sobre cuestiones de la actividad universitaria que considere oportunas. El Consejo del Estudiantado dispone de una web <http://consellestudiantat.upc.edu/> en la cual incorpora información acerca de material, normativas, servicios, etc., de interés para los estudiantes.

Además los estudiantes cuentan con un órgano de asesoramiento y defensa de los intereses del conjunto de estudiantes miembros de la unidad básica y de coordinación de sus representantes. Este órgano es la Delegación de Estudiantes formada, como mínimo, por los representantes de los estudiantes en los órganos de gobierno y representación de la unidad básica y por los representantes de los estudiantes en los órganos de gobierno y representación de la universidad. En la

web <http://consellestudiantat.upc.edu/cdd/les-delegacions-de-la-upc> se publicitan todas las delegaciones de estudiantes.

Las reclamaciones tendrán como objeto poner de manifiesto las actuaciones que, a juicio del reclamante, supongan una actuación irregular o no satisfactoria en el funcionamiento de los servicios que se prestan con motivo de las enseñanzas del título. Las sugerencias tendrán como finalidad la mejora de la eficacia, eficiencia y calidad de los servicios prestados en el título e incrementar la satisfacción de los estudiantes. Los canales disponibles para presentarlas son: aplicativo web, buzón, correo electrónico, de forma presencial a través de la oficina correspondiente, mediante los representantes a los distintos órganos de gobierno de la unidad básica, la Dirección de la unidad, etc. La resolución de la solicitud se llevará a cabo por correo electrónico, ordinario o de forma presencial.

En cualquier caso, se deberá remitir un informe de todas las reclamaciones o sugerencias de forma periódica a la unidad competente (establecida por el órgano responsable del master), quien las analizará y emitirá un informe que será enviado al responsable del master y a la Comisión de Gestión del master para la toma de la decisión oportuna. La unidad competente recabará las decisiones adoptadas por los órganos correspondientes y acordará las recomendaciones pertinentes o las medidas correctoras encaminadas a la mejora del título, tratando con especial atención aquellas incidencias que se repitan frecuentemente o tengan un carácter relevante.

Toda la información referente al Master se publicará en la página web del mismo: <http://www.cimne.com/mmni/> la correspondencia con los estudiantes se llevará a cabo mediante correo electrónico.

9.6. Criterios específicos en el caso de extinción del Título

La extinción de un título oficial impartido por las Unidades Básicas de la Universitat Politècnica de Catalunya podrá producirse por no obtener un informe de acreditación positivo, o porque se considere que el título necesita modificaciones de modo que se produzca un cambio apreciable en su naturaleza y objetivos o bien a petición del Centro, del Consejo de Gobierno de la Universidad o de la Comunidad Autónoma, de acuerdo con los criterios que ésta establezca.

El RD 1393/2007, modificado por el RD 861/2010, establece que los títulos universitarios oficiales de master, deberán renovar su acreditación de acuerdo con el procedimiento y plazos que las Comunidades Autónomas establezcan al efecto y en el marco de lo dispuesto en el artículo 27 de este RD, antes del transcurso de cuatro años a contar desde la fecha de su verificación inicial o desde la de su última acreditación.

De acuerdo con el artículo 27 del citado RD, una vez iniciada la implantación de las enseñanzas correspondientes a títulos oficiales inscritos en el RUCT (Registro de Universidades, Centros y Títulos), la ANECA o los órganos de evaluación que la Ley de las Comunidades Autónomas determinen, llevarán a cabo el seguimiento del cumplimiento del proyecto contenido en el plan de estudios verificado por el Consejo de Universidades de acuerdo al protocolo que se establezca al efecto.

La renovación de la acreditación de los títulos se producirá cuando éstos obtengan la resolución estimatoria del Consejo de Universidades, previo informe favorable emitido por la ANECA o por los órganos de evaluación que la Ley de las Comunidades Autónomas determine.

En caso de resolución desestimatoria por parte del Consejo de Universidades, el título causará baja en el RUCT y perderá su carácter oficial y validez en todo el territorio nacional. En este caso, la resolución declarará extinguido el plan de estudios y deberá contemplar las adecuadas medidas que garanticen los derechos académicos de los estudiantes que se encuentren cursando dichos estudios.

También se procederá a la extinción de un plan de estudios cuando se produzcan modificaciones sustanciales que impliquen la sustitución de dicho plan por uno nuevo. En este caso, las modificaciones aceptadas por el órgano de evaluación correspondiente que afecten al apartado 5.1 de la memoria, darán lugar a una nueva publicación del plan de estudios en el BOE y en el Boletín Oficial de la comunidad autónoma. Igualmente, se deberán publicar en dichos boletines las modificaciones aceptadas respecto a la denominación del título verificado. El Ministerio de Educación dará traslado al RUCT de todas las modificaciones aceptadas en los planes de estudio.

Por último, también podrá producirse la extinción de un título oficial cuando de forma razonada lo proponga la unidad básica (tras aprobación por su Junta), el Consejo de Gobierno de la UPC y el Consejo Social de la UPC.

Puesto que, cuando ocurra la extinción de un título oficial, las Universidades están obligadas a garantizar el adecuado desarrollo efectivo de las enseñanzas que hubieran iniciado sus estudiantes hasta su finalización, el equipo directivo de la unidad básica debe proponer a la Junta, para su aprobación, los criterios que garanticen el adecuado desarrollo efectivo de las enseñanzas que hubieran iniciado sus estudiantes hasta su finalización, que contemplarán, entre otros, los siguientes puntos:

- Calendario de extinción.
- No admitir matrículas de nuevo ingreso en la titulación.
- La supresión gradual de la impartición de la docencia, de acuerdo a la legislación vigente.
- La implementación, en su caso, de acciones tutoriales y de orientación específicas a los estudiantes.
- El derecho a evaluación hasta consumir las convocatorias reguladas por la normativa vigente.

En caso de que la extinción de un plan de estudios se produzca por la implantación de un nuevo plan que lo sustituya, además de los aspectos anteriormente citados, se habrá de facilitar a los estudiantes como mínimo la siguiente información:

- Plan de estudios que sustituye al actual.
- Calendario de extinción del plan de estudios o titulación y calendario de implantación del nuevo plan que lo sustituye.
- Tabla de equivalencias entre las asignaturas del plan de estudios actual y el nuevo plan de estudios.
- Aspectos académicos derivados de la adaptación.

La Universidad y el Equipo Directivo de la unidad básica velarán por la difusión eficaz a la sociedad en general, de la extinción de los planes de estudios de la UPC, así como de las actuaciones que se realicen desde la unidad básica para garantizar a los estudiantes el desarrollo efectivo de las enseñanzas que estos hubieran iniciado.

9.7. Mecanismos para asegurar la transparencia y la rendición de cuentas

La UPC dispone de una web (<http://www.upc.edu/>) estructurada por temas y por colectivos en la cual se publica información relativa a los planes de estudios, a los

perfiles de ingreso de los estudiantes, a sus resultados académicos y de inserción laboral, etc. Dicha web es de acceso público aunque también contiene apartados de acceso restringido (intranets, sistemas de información, etc.) según el colectivo al cual va dirigida la información. Además la web UPC integra las webs de las distintas unidades básicas (centros docentes, departamentos e institutos universitarios de investigación), funcionales (servicios generales) y otros entes de la Universidad.

La unidad responsable del master propondrá la información que se debe publicar, los medios de difusión y los grupos de interés a los que va dirigida.

Por lo que respecta a las titulaciones se informará vía la página web del curso y los diferentes canales de distribución de información del mismo, al menos sobre:

- La oferta formativa.
- Los objetivos y la planificación de la titulación.
- Las metodologías de la enseñanza, aprendizaje y evaluación.
- Los resultados de las enseñanzas por lo que se refiere al aprendizaje, inserción laboral y satisfacción de los diferentes grupos de interés.
- Las prácticas externas.
- Los programas de movilidad.
- Los procedimientos para realizar alegaciones, reclamaciones y sugerencias.

10. CALENDARIO DE IMPLANTACIÓN

Subapartados

- 10.1 Cronograma de implantación de la titulación
- 10.2 Procedimiento de adaptación, en su caso, al nuevo plan de estudios por parte de los estudiantes procedentes de la anterior ordenación universitaria
- 10.3 Enseñanzas que se extinguen por la implantación del correspondiente título propuesto

10.1. Cronograma de implantación de la titulación

El Master Universitario en Métodos Numéricos en Ingeniería se impartirá en el curso 2012-2013. Esta planificación es posible ya que su contenido es prácticamente coincidente con el del Master de Métodos Numéricos en Ingeniería en Versión Presencial (oficial) que se imparte actualmente en la UPC.

La diferencia de carga docente en términos de ECTS se solventará permitiendo a los alumnos matriculados antes del curso académico 2011-2012 que cursen 90 ECTS siguiendo el programa vigente, mientras que el nuevo plan se aplicará a los estudiantes que se matriculen a partir del curso 2012-2013.

10.2 Procedimiento de adaptación, en su caso, al nuevo plan de estudios por parte de los estudiantes procedentes de la anterior ordenación universitaria

Con la implantación del Master Universitario en Métodos Numéricos en Ingeniería en las tres modalidades de enseñanza (presencial, a distancia y mixta) se extinguirán la versión actual del Master existente mencionado en el Apartado 10.1.

La previsión es que el número de estudiantes que necesiten trasladar su expediente sea muy reducido (unos 3 estudiantes del Master Presencial (oficial)).

10.3. Enseñanzas que se extinguen por la implantación del correspondiente título propuesto

Con la implantación del Master Universitario en Métodos Numéricos en Ingeniería (versión presencial, a distancia y mixta) se extingue la versión presencial actual del Master de Métodos Numéricos en Ingeniería.