

Máster en Computación de Altas Prestaciones

1. DESCRIPCIÓN DEL TÍTULO

1.1. Denominación

Máster en Computación de Altas Prestaciones por la Universidade de Santiago de Compostela, la Universidade da Coruña y la Universidad de Málaga.

1.2. Universidad solicitante y centro o centros responsables de las enseñanzas

Las Universidades solicitantes son la Universidade de Santiago de Compostela (USC) y la Universidade da Coruña (UDC) y la Universidad de Málaga (UMA). Siendo el Departamento de Electrónica y Computación perteneciente a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidade de Santiago de Compostela el responsable del máster.

Por parte de la Universidade da Coruña participa el Departamento de Electrónica y Sistemas perteneciente a la Facultad de Informática de la Universidade da Coruña.

Por parte de la Universidad de Málaga participa el Departamento de Arquitectura de Computadores perteneciente a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática.

Coordinador por la USC:

Tomás Fernández Pena
Universidade de Santiago de Compostela
Dpto. de Electrónica y Computación
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Campus Sur
15782 A Coruña
tfno 981-563100
fax 981-528012
correo-e: tf.pena@usc.es

Coordinador por la UDC:

Patricia González Gómez
Universidade da Coruña
Dpto. de Electrónica y Sistemas
Facultad de Informática
Campus de Elviña, s/n
15071 A Coruña
tfno 981-167000
fax 981-167160
correo-e: pglez@udc.es

Coordinador por la UMA:

Rafael Asenjo Plaza
Universidad de Málaga
Dpto. de Arquitectura de Computadores
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática
Campus de Teatinos

29071 Málaga

tfno 952-132791

fax 952-132790

correo-e: asenjo@uma.es

El representante legal de la Universidade de Santiago de Compostela es su Rector, D. Juan Viaño Rey, en tanto que el de la Universidade da Coruña es su Rector, D. Xosé Luis Armesto Barbeito, y el de la Universidad de Málaga es su Rectora, Dña. Adelaida de la Calle Martín.

Dirección a efectos de notificación:

Universidade de Santiago de Compostela

Praza do Obradoiro, s/n
15782 Santiago de Compostela
A Coruña
Correo-e: reitor@usc.es
Teléfono: 981 563 100
Fax: 981 588 522

Universidade da Coruña

C/ Maestranza, 9
15001 A Coruña
A Coruña
Correo-e: reitor@udc.es
Teléfono: 981 167 000
Fax: 981 226 404

Universidad de Málaga

Avda. Cervantes, 2
29071 Málaga
Málaga
Correo-e: rectora@uma.es
Teléfono: 952 136 522
Fax: 952 137 098

El representante del título por parte de la Universidade de Santiago de Compostela es el director de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la misma, D. Antonio Mosquera González, en tanto que el representante por parte de la Universidade da Coruña es el Decano de la Facultad de Informática de esa universidad, D. Luis Hervella Nieto, y el representante por parte de la Universidad de Málaga es el Director de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática de dicha universidad, D. Ernesto Pimentel Sánchez.

Formalmente el centro responsable del título será la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidade de Santiago de Compostela, que actuará como coordinadora y tramitará la verificación del título.

Dirección a efectos de notificación:

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidade de Santiago de Compostela
c/ Lope Gómez de Marzoa s/n. Campus Sur
15782 Santiago de Compostela
A Coruña
Correo-e: etse.direccion@usc.es
Teléfono: 981563100 #16736
Fax: 981 528 041

Facultad de Informática

Universidade da Coruña
Campus de Elviña, s/n
15071 A Coruña
A Coruña
Correo-e: decanato.fic@udc.es
Teléfono: 981167000 #1237
Fax: 981 167 160

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática

Universidad de Málaga
Complejo Tecnológico, Campus de Teatinos
29071 Málaga
Málaga
Correo-e: director@informatica.uma.es

El presente título se regirá por el convenio correspondiente que han firmado los representantes legales de las tres universidades implicadas. Asimismo, está en vigor un convenio de colaboración entre las universidades y el Centro de Supercomputación de Galicia, CESGA.

Tipo de enseñanza

La periodicidad de la oferta será anual.

La enseñanza será de tipo presencial.

No obstante, se hará uso de herramientas de apoyo no presencial, por ejemplo, campus virtual y equipos de videoconferencia.

1.3. Número de plazas de nuevo ingreso ofertadas

El número de plazas ofertadas de nuevo ingreso será de 25 en el conjunto de las tres universidades, considerando tanto alumnos a tiempo completo como a tiempo parcial. Este número se mantendrá en las sucesivas ediciones del máster durante los cuatro primeros cursos.

Este número es el que se ha considerado apropiado en las últimas ediciones del máster que se impartía hasta este momento en la USC y UDC, y es el que consideramos como aval de un nivel de dedicación por parte del profesorado para el aprendizaje del alumno según las normativas de adaptación al EEES. Se han tenido en cuenta los recursos materiales: aulas, tamaño, bibliotecas, etc. y los recursos humanos disponibles.

La selección de los alumnos se regirá por las normativas de la USC, la UDC y de la UMA.

1.4. Número de créditos de matrícula por estudiante, periodo lectivo y en su caso normas de permanencia

El periodo lectivo comprende un curso académico estándar dividido en dos cuatrimestres. Los alumnos deben matricularse de 60 créditos ECTS (*European Credit Transfer System*) tal y como se definen en el R.D. 1125/2003. Estos 60 créditos están divididos en 36 créditos de materias obligatorias, 9 de materias optativas y 15 del trabajo fin de máster.

El número mínimo de créditos europeos de matrícula por estudiante y periodo lectivo será de 60 créditos en la primera matrícula para los alumnos con dedicación a tiempo completo, y la mitad para los alumnos con dedicación a tiempo parcial, siempre de acuerdo con la normativa de la Universidade de Santiago de Compostela, de la Universidade da Coruña y de la Universidad de Málaga, con carácter general.

Las normas de permanencia en la titulación de Master en Computación de Altas Prestaciones se adecuarán a la normativa que en la actualidad establece la Universidade de Santiago de Compostela, toda vez que la normativa de las otras dos universidades no es de aplicación en los casos de títulos conjuntos:

- Normativa de permanencia en la Universidade de Santiago de Compostela. Disponible en la página web de la USC:
<http://www.usc.es/es/normativa/estudiantes/>

En lo referente a la atención a los estudiantes con necesidades educativas especiales, la normativa de aplicación es:

- *Ley Orgánica 6/2001*, de 21 de diciembre, de Universidades y *Ley Orgánica 4/2007*, de 12 de abril, por la que se modifica la *Ley Orgánica 6/2001*, de 21 de diciembre, de Universidades. Artículo 46 sobre los Derechos y deberes de los estudiantes.
- *Estatuto del estudiante de la Universidad de A Coruña* (aprobado por el Claustro Universitario, 29 de mayo de 2007). Artigo 21. Apoyo a los estudiantes con necesidades especiales. Disponible en la página web de la UDC:
<http://www.udc.es/reitoria/ga/vicerreitorias/veri/documentos/estatutoestudentado.asp>
- En la Universidade de Santiago de Compostela, la atención a cuestiones derivadas de la existencia de necesidades educativas especiales, se lleva a cabo, para cada caso, en colaboración con el Servicio de Participación e Integración Universitaria: <http://www.usc.es/gl/servizos/sepiu/integracion.html>
- En la Universidad de Málaga, para este mismo concepto contamos con el "Servicio de Apoyo al Alumnado Con Discapacidad", SAAD, cuya dirección web es: <http://www.uma.es/servicio-de-atencion-al-alumnado-con-discapacidad/>

1.5. Resto de información para la expedición del Suplemento Europeo al Título

- Rama de conocimiento: Ingeniería y Arquitectura
- Código ISCED: Ciencias de la Computación
- Naturaleza de la institución que confirió el título: Universidades Públicas
- Profesiones para las que capacita una vez obtenido el título: no procede

El título tiene un perfil investigador. Los estudios conducentes al título formarán a los alumnos para su posterior incorporación en centros o equipos de I+D+i, tanto de titularidad pública como privada, y/o para la realización de una tesis doctoral en el ámbito de la computación de altas prestaciones en general, y de los temas de trabajo de los grupos de investigación en los que se integra el equipo docente en particular.

Las instituciones que han conferido el máster son las universidades públicas de Santiago de Compostela, A Coruña y Málaga.

El centro universitario en el que el titulado finalizará sus estudios es un centro propio de la Universidad.

Los idiomas utilizados serán el español y el inglés. En este último se proporcionarán todos los materiales (transparencias, tutoriales, prácticas, etc.), se impartirán algunas asignaturas (preferiblemente al menos una asignatura obligatoria se impartirá totalmente en inglés y el resto total o parcialmente) y se requerirá que al menos la Introducción y las Conclusiones del Trabajo Fin de Máster se escriban también en inglés.

2. JUSTIFICACIÓN

2.1. Justificación del título propuesto

Estudio sobre la incidencia y beneficios generales y económicos derivados de la nueva enseñanza (justificación de la oportunidad de la titulación).

Hoy en día la computación se considera una parte imprescindible, junto con la teoría y la experimentación, para el avance del conocimiento científico. La simulación numérica permite el estudio de sistemas complejos y fenómenos naturales que sería demasiado caro, peligroso o incluso imposible estudiar de forma directa. La búsqueda de mayores niveles de detalle y realismo en muchas simulaciones requiere de una enorme capacidad computacional, y ha motivado en gran medida muchos avances en el campo de la computación de altas prestaciones. Gracias a esos avances, científicos e ingenieros pueden ahora resolver problemas a gran escala que en su día se pensaron intratables.

El campo de la Computación de Altas Prestaciones y sus aplicaciones se ha convertido en uno de los más dinámicos en el mundo de la Informática, y ha sido reconocido como un campo prioritario tanto en los distintos programas marco de la Comunidad Europea como en los programas de financiación de la investigación en España. La disciplina que cubre este campo está actualmente muy consolidada, con una carga de conocimientos intrínsecos muy relevantes. Las aplicaciones de esta disciplina son muy numerosas y pueden encontrarse prácticamente en cualquier campo de la Ingeniería y de la Industria.

El número de grupos de investigación en el área de computación de altas prestaciones es significativo y por ejemplo, sólo en la Red de CAPAP-H (Red de Computación de Altas Prestaciones sobre Arquitecturas Heterogéneas), participan 17 grupos de 19 universidades españolas. Además del área específica, otros importantes grupos de investigación de universidades españolas y centros como el CSIC, lideran avances en Bioingeniería, Ciencias de la Vida, Ciencias de la Tierra, Ingenierías Aeroespacial, Química y Farmacéutica, etc., gracias al procesamiento paralelo y la simulación numérica en arquitecturas de altas prestaciones.

Por otra parte, la demanda de investigadores y profesionales formados para saber extraer el máximo rendimiento de las arquitecturas modernas no hace más que crecer, ya que actualmente las arquitecturas de altas prestaciones son ubicuas y se encuentran, no sólo en grandes centros de supercomputación o de procesado de datos, sino también en computadores personales, tabletas e incluso smartphones.

En cuanto a los centros de supercomputación hay más de 10 en España. En la Comunidad Autónoma de Galicia contamos con el Centro de Supercomputación de Galicia (CESGA), uno de los centros tecnológicos más importantes de nuestra Comunidad Autónoma y que da servicio de cálculo de altas prestaciones a la comunidad científica gallega y del CSIC a nivel nacional, así como a otras instituciones de investigación. Este centro está reconocido como Instalación Científico Tecnológica Singular (ICTS). En la Universidad de Málaga cuentan con el Supercomputing and Bioinnovation Center (SCBI), que forma parte de la Red Española de Supercomputación (RES). Existe, tanto en el CESGA y SCBI, como en centros de computación similares, una gran demanda de profesionales con conocimientos de alto nivel de administración de sistemas así como especializados en la gestión de

infraestructuras de computación científicas. Estas no sólo engloban la parte informática sino que además incluyen formación en los servicios de soporte de estos sistemas, como son las infraestructuras de acondicionamiento eléctricas, climáticos y de seguridad necesarios.

Finalmente, aunque el máster tiene un carácter principalmente investigador, los alumnos egresados también son demandados en empresas que explotan grandes volúmenes de datos en sus CPDs (centros de procesamiento de datos), requieren de simulaciones numéricas o sencillamente necesitan acelerar sus productos software en las modernas arquitecturas paralelas.

Carácter esencial o estratégico

En la comunidad gallega el actual Máster en Computación de Altas Prestaciones es la única titulación universitaria con una especialización en computación de altas prestaciones. Lo más próximo a esta especialización es el Máster Universitario en Ingeniería Informática (UDC) con un número muy limitado de materias relacionadas con la computación de altas prestaciones.

En la comunidad andaluza no existe, actualmente, ninguna titulación universitaria con una especialización en computación de altas prestaciones. Los títulos que más se aproximan a esta nueva propuesta son: (i) el Máster Universitario de Ingeniería de Computadores y Redes de la Universidad de Granada, que contiene un módulo de 17 créditos sobre computación de altas prestaciones, (ii) el Máster en Informática Avanzada e Industrial de la Universidad de Almería, que oferta 12 créditos optativos sobre programación paralela; y (iii) el Máster Universitario en Ingeniería Informática de la Universidad de Málaga, con 12 créditos obligatorios dedicados a sistemas distribuidos y de altas prestaciones.

Por tanto, teniendo en cuenta este punto de partida y, como hemos visto, la demanda que existe de personal formado en este campo, resulta de interés ofertar un máster en computación de altas prestaciones que cumpla los requisitos necesarios para incorporar aquellos alumnos que quieran completar sus estudios académicos, o que por otro lado necesiten un mayor conocimiento de las técnicas de la computación de altas prestaciones y sus aplicaciones.

En el ámbito académico el programa pretende una especialización superior que permita acceder a un nuevo nivel de conocimientos, una vez obtenida una titulación de acceso de la rama de las ingenierías o de las ciencias experimentales.

En el ámbito científico los graduados que obtengan este máster estarán capacitados para trabajar en centros o equipos de investigación multidisciplinarios, pues serán capaces de aplicar las técnicas de la supercomputación en entornos tecnológicos e industriales para la mejora de la calidad y la productividad, y conocerán y sabrán usar las herramientas que provee un supercomputador para resolver los problemas técnicos y científicos de su especialidad. Podrán también proseguir la formación investigadora y realizar una tesis doctoral en su caso.

Se pretende la formación de especialistas que desempeñen sus funciones en los campos de I+D+i. También se propone la formación continuada de profesionales en activo.

Estudio de las necesidades del mercado laboral en relación con la titulación propuesta

Como se ha indicado, el sector de las tecnologías de la información y de las comunicaciones en el que se enmarca esta titulación es uno de los más emergentes en la actualidad. Esto, unido al hecho de que sus necesidades de innovación, en las cuales los titulados resultantes de este programa juegan un papel esencial, son cruciales para el mismo, crea un entorno muy favorable para la inserción laboral de los titulados del programa. Así, según el informe “Diagnóstico 2010: encuesta a empresas TIC sobre la Sociedad de la Información en Galicia” elaborado por el Observatorio Gallego de la Sociedad de la Información, un 42,2% del personal en las empresas TIC gallegas posee una titulación universitaria superior, y por otro lado, según esa misma encuesta, un 10% del total del personal de esas empresas está dedicado a tareas de I+D+i. Además de la empresa privada, la docencia e investigación en la universidad y en organismos públicos como el CSIC es una salida natural para los titulados, máxime al ser el único título que forma investigadores en el área de la Computación de Altas Prestaciones. Por último es relevante señalar el muy elevado índice de empleabilidad de los egresados del máster en los cursos anteriores en los que este máster ha estado implantado. El primer seguimiento de los egresados lo ha realizado la coordinación del máster en mayo de 2013, encuestando a los egresados de los cursos 2010/2011 y 2011/2012. De un total de 22 egresados consultados, 17 informaron de que se encontraban trabajando en el área de la Computación de Altas Prestaciones. Los otros 5 egresados no contestaron a la encuesta. De los 17 que contestaron, la mayoría (12) se encontraban trabajando en grupos de investigación de la comunidad autónoma gallega, universidades o CSIC. Del resto, 2 se encontraban trabajando en Galicia para empresas multinacionales, y 3 habían encontrado trabajo en empresas o centros de investigación extranjeros. En resumen, un 100% de los egresados del máster en esas ediciones pasadas habían encontrado trabajo en el sector en menos de un año desde que terminaron sus estudios. En mayo de este mismo año 2014, la coordinación del máster volvió a encuestar a los egresados, en esta ocasión de los tres cursos anteriores 2010/2011, 2011/2012 y 2012/2013. En esta ocasión, solo un 46,42% de los egresados contestaron la encuesta. La encuesta constaba de 18 preguntas, cuyas respuestas se pueden consultar en la web del máster:

http://gac.des.udc.es/~pglez/master/seguimiento/resultados_encuesta_egresados.pdf .

Entre las conclusiones que se pueden sacar de este estudio destacamos que la mayoría de los egresados (85%) encuentra trabajo en menos de 6 meses desde la terminación de sus estudios, y que la mayoría de ellos opina que la formación en el máster les distingue con respecto a otros titulados superiores en su puesto de trabajo.

Incorporación de perfiles profesionales en el título vinculados a los sectores estratégicos de Galicia

El perfil profesional principal del título es el de experto en Computación de Altas Prestaciones. Como hemos reseñado antes, esta actividad goza de una elevada demanda no ya sólo en el sector específico de las TIC o las entidades específicamente orientadas a la investigación, sino en la industria en general. Es importante resaltar, por ejemplo, las necesidades de las pequeñas y medianas empresas de Galicia del sector manufacturero en relación con la simulación numérica. Los datos que arroja el estudio

Simula (realizado por el CESGA en 2004 y que está disponible en la página Web <http://simula.cesga.es>) indican que es necesario formar personal cualificado en el área de computación de altas prestaciones que se utiliza en la simulación numérica empresarial, que cada vez necesita modelos más realistas que demandan más capacidad de cómputo.

Destacar además que en la Estrategia de Especialización Inteligente (RIS3 Galicia) se destaca como prioridad el impulso de las TICs como sector tractor de la economía del conocimiento en Galicia. Se trata de apoyar a un sector competitivo, innovador y generador de empleo cualificado, capaz de hacer frente a los retos de la nueva economía del conocimiento, retos para los que se necesitan nuevos expertos capaces de administrar, programar, optimizar y gestionar grandes sistemas de cálculo, tanto locales como en la “nube”, así como manejar las enormes cantidades de información (“Big Data”) que las empresas tienen a su disposición. En esta estrategia, se destaca el papel central del Centro de Supercomputación de Galicia (CESGA) como centro de cálculo y servicios avanzados de la Comunidad Científica Gallega, que ha venido, y continúa, apoyando al máster desde su implantación como máster de la USC y la UDC.

Previsiones de matrícula teniendo en cuenta el análisis de la demanda real de los estudios propuestos por parte de potenciales estudiantes y de la sociedad.

El indicador cuantitativo del número de matriculados que podemos esperar procede del análisis del número de matrículas en la titulación en los cursos en los que ha estado implantada. Así en el curso 2010/11 hubo un total de 15 matriculados entre las dos universidades (9 en la UDC y 6 en la USC, todos ellos en primera matrícula, pues era el primer año de implantación del máster), en el curso 2011/2012 ha habido un total de 21 matriculados (15 de ellos de nueva matrícula: 5 en la UDC y 10 en la USC), mientras en el curso 2012/2013 ha habido un total de 27 matriculados (20 de ellos de nueva matrícula: 10 en la UDC y 10 en la USC). En el curso actual, 2013/2014 el número de alumnos matriculados en el máster es de 37, de los cuales 21 son de nueva matrícula (12 en la UDC y 9 en la USC).

Es difícil hacer una estimación cuantitativa de la demanda en los próximos años. El campo de la Computación de Altas Prestaciones y sus aplicaciones se ha convertido en uno de los más dinámicos en el mundo de la Informática, y ha sido reconocido como un campo prioritario tanto en los distintos programas marco de la Comunidad Europea como en los programas de financiación de la investigación en España. Las aplicaciones de esta disciplina son muy numerosas y pueden encontrarse prácticamente en cualquier campo de la Ingeniería y de la Industria.

En este sentido podemos hacer notar el alto índice de empleo de los egresados hasta el momento en los tres cursos anteriores en los que este máster ha estado implantado. Como ya se ha comentado, el seguimiento de los egresados lo ha realizado la coordinación del máster en mayo de 2013 y mayo de 2014, encuestando a los egresados de los cursos 2010/2011, 2011/2012 y 2012/2013. El 85% de los que han contestado la encuesta han encontrado trabajo en el sector en menos de seis meses desde que terminaron sus estudios. Estos buenos resultados pueden ser un reclamo para nuevos cursos, con lo que es previsible que la demanda real de estudiantes aumente.

Mención de enseñanzas afines preexistentes en estas universidades.

Esta nueva propuesta supone en realidad una modificación del Máster en Computación de Altas Prestaciones que se ha venido impartiendo en las universidades de Santiago de Compostela y de A Coruña desde el curso 2010/11, con la finalidad principal de incluir a la Universidad de Málaga en el consorcio que imparte el máster. En ninguna de las tres universidades existe otro máster en el área específica de la Computación de Altas Prestaciones.

Acreditación de la no coincidencia de objetivos y contenidos con otras titulaciones existentes.

No existen otras titulaciones en el Sistema Universitario Gallego cuyos objetivos y contenidos se centren específicamente en la Computación de Altas Prestaciones. La titulación más afín, el Máster Universitario en Ingeniería Informática (UDC), cuenta con un número muy limitado de materias relacionadas con la computación de altas prestaciones (12 créditos obligatorios).

En la comunidad andaluza no existe tampoco ninguna titulación universitaria con una especialización en computación de altas prestaciones. Los títulos que más se aproximan a esta nueva propuesta son: (i) el Máster Universitario de Ingeniería de Computadores y Redes de la Universidad de Granada, que contiene un módulo de 17 créditos sobre computación de altas prestaciones, (ii) el Máster en Informática Avanzada e Industrial de la Universidad de Almería, que oferta 12 créditos optativos sobre programación paralela; y (iii) el Máster Universitario en Ingeniería Informática de la Universidad de Málaga, con 12 créditos obligatorios dedicados a sistemas distribuidos y de altas prestaciones.

Planificación de la conexión de las titulaciones de grado, máster y doctorado

La titulación ofertada puede recibir alumnos de cualquiera de las titulaciones indicadas en el punto 4.2 de esta memoria, siempre que satisfagan los requisitos de admisión. No obstante la titulación de grado más estrechamente relacionada con este máster es, sin duda, la de Ingeniería Informática, no siendo casual que la titulación se implante en los centros en los que la USC, la UDC y la UMA forman a estos graduados. Así mismo, los investigadores que componen los recursos humanos de este título imparten docencia en dichos grados.

Con respecto al doctorado, dos de los grupos que participan en este máster, los grupos de Arquitectura de Computadores tanto de la USC como de la UDC, participan también en un programa de doctorado interuniversitario, el Programa de Doctorado en Investigación en Tecnologías de la Información, con Mención hacia la Excelencia. La mayoría de los egresados del máster en los cursos anteriores, que continúan con su formación investigadora lo hacen este programa de doctorado. Por otra parte, el grupo de Arquitectura de Computadores perteneciente a la UMA, que se incorporará con esta modificación al máster, también participa en un programa de doctorado, el Programa de Doctorado en Tecnologías Informáticas.

Coherencia de la titulación propuesta con el Plan Estratégico de la universidad que hace la propuesta

Entre los puntos centrales del plan estratégico de la Universidad de Santiago de Compostela 2011-2020 destaca la propuesta de conformar una oferta de postgrado especializada y competitiva respecto al entorno universitario tanto nacional como internacional. Por otra parte, Campus Vida, Campus de Excelencia Internacional de la Universidad de Santiago de Compostela ha venido realizando esfuerzos dirigidos a la creación de nuevas estructuras de investigación orientadas hacia áreas científicas que muestran una gran consolidación de su actividad y una masa crítica suficiente para dar un salto cualitativo en la gestión de su actividad. Con este objetivo, la USC ha desarrollado una Red de Centros Singulares de Investigación, dotados de coherencia temática y de un modelo organizativo y de gestión homologable con los que se pueden encontrar en centros de investigación de referencia nacional e internacional. Uno de los primeros centros que se ha puesto en marcha es el Centro de Investigación en Tecnologías de la Información (CITIUS). Es de destacar que las líneas de investigación y los objetivos del máster están incluidas en las de este centro.

En lo tocante a la Universidad de A Coruña, la oferta coincide totalmente con los objetivos de potenciación de la calidad y la innovación del último plan estratégico de la universidad. La propuesta también es totalmente coherente con los objetivos de desarrollo de un mapa de titulaciones competitivo, y dado el buen nivel investigador de los grupos que ofertan el título, incide directamente de forma muy beneficiosa en los objetivos de la mejora de la investigación de calidad y puede tener efectos muy positivos en los objetivos de desarrollo del Parque Tecnológico de la Universidad. Por otra parte, la naturaleza de máster interuniversitario de esta propuesta, así como las actividades propuestas y los ciclos de conferencias previstos, favorecen el fomento de la relación con otros grupos de investigación y la potenciación tanto de las relaciones internacionales como de la imagen de la UDC propuestos en dicho Plan Estratégico. Finalmente, el elevado uso de las tecnologías TIC en este programa, particularmente dado su ámbito de trabajo, favorece la consecución del objetivo del fomento del uso de las TICs, tanto en su vertiente hardware como software, en el proceso de enseñanza y aprendizaje propuestas en el Plan Estratégico de la UDC.

En cuanto a la Universidad de Málaga, en su último Plan Estratégico 20013-2016, se contemplan varios objetivos altamente relacionados con la presente propuesta de Máster Universitario. En particular, el segundo objetivo del área estratégica “Mejorar la formación del alumnado y la empleabilidad de los titulados” incluye varios puntos fuertemente alineados con los resultados que esperamos de este máster, a saber: Promover el emprendimiento y la creación de empresas de base tecnológica; Aumentar la empleabilidad de los titulados de la Universidad de Málaga; y Adecuar la oferta de titulaciones propias a las necesidades de los desempleados y del sector productivo. Por otro lado, la propuesta de máster también colabora en la consolidación del Campus de Excelencia Andalucía Tech, en el sentido de ofrecer una formación a la medida de las necesidades del mercado laboral con altas exigencias formativas y tecnológicas.

Incardinación en redes internacionales de calidad

La mayor parte del profesorado de la titulación participa en la red de excelencia *High-Performance Embedded Architectures and Compilers Network of Excellence* (HiPEAC) del 7º Programa Marco de la UE, de la que forman parte los mejores grupos europeos en el ámbito de las arquitecturas de computación de altas prestaciones, los compiladores y el diseño y los dispositivos electrónicos, así como empresas europeas punteras en dicho sector. Los grupos de investigación que imparten docencia en el máster, también participan en la *Open European Network for High Performance Computing on Complex Environments* (ComplexHPC, COST Action IC0805).

Además de estas dos importantes redes internacionales, los docentes participan en diversas redes entre las que destacan:

- Red Española de E-ciencia
- Red Mathematica Consulting & Computing de Galicia.
- Red Gallega de Computación de Altas Prestaciones.

2.2. Referentes externos

Se ha tenido en cuenta lo establecido en el *Libro Blanco para el Título de Grado en Ingeniería Informática*, en lo referente a la relación e integración de un título de grado con respecto a su posible continuación en uno o varios másters especializados. El libro blanco reconoce, por ejemplo, el modelo británico, donde el máster ofrece una especialización profesional y recoge las tendencias más actuales de cada campo de estudio. Estos másters suelen estar asociados a un departamento o grupo de investigación. Este modelo es el más próximo a la propuesta del Máster en Computación de Altas Prestaciones que presentamos.

Se han tenido en cuenta también los planes de estudio de las nuevas titulaciones de Grado en Ingeniería Informática, en concreto los de la Universidad Politécnica de Madrid, Universidad Carlos III de Madrid, Universidade de Santiago de Compostela, Universidade da Coruña y Universidad de Málaga.

Se ha observado el desarrollo, a nivel nacional, de otros programas de doctorado y de máster con contenidos significativos en computación de altas prestaciones (Universidad de Cantabria, Universidad de Extremadura, Universidad Politécnica de Cataluña, Universidad Politécnica de Valencia, Universidad Autónoma de Barcelona). Esta información se ha utilizado para desarrollar elementos diferenciadores en la propuesta.

De entre los planes de estudio de máster consultados cabe citar:

- El Máster Universitario en Computación Paralela y Distribuida por la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), de 60 créditos ECTS (<http://www.upv.es/titulaciones/MUCPD/>)
- El Máster en Computo de Altas Prestaciones, Teoría de la Información y Seguridad, por la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), de 60 créditos ECTS, de los cuales 6 obligatorios y 24 optativos están relacionados con la computación de altas prestaciones (<http://www.uab.cat/web/informacion-academica-de-los-masteres-oficiales/la-oferta-de-masteres-oficiales/informacion-general-1096480309770.html?param1=1307109711994>).
- El Erasmus Mundus Master in Distributed Computing (EMDC) por la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), el DTH Royal Institute of Technology de Suecia y el Instituto Superior Técnico de Portugal, de 120 ECTS, aunque solo 20 coinciden con materias contempladas en esta propuesta (<http://emdc.masters.upc.edu>)
- El Máster Universitario en Computación de Altas Prestaciones, por la Universidad del País Vasco, de 60 ECTS, que se ha puesto en marcha en el curso 2013/2014 (<http://www.ehu.es/es/web/cap/aurkezpena>)

Por supuesto, también en el ámbito internacional es habitual encontrar títulos de Máster tanto en el ámbito de las TIC como en otros ámbitos científicos (Química, Física, Matemáticas) que incluyen una intensificación en computación de altas prestaciones, que pueden servir como referencia para elaborar una propuesta. Se han evaluado las ofertas de postgrado de varias de esas universidades (Stanford University, University of Illinois, MIT, Technische Universität München, University of Edinburgh, University of

Dublin, etc.), así como el contenido y enfoque desarrollado en la bibliografía de referencia en el campo y contemplada por la mayoría de dichas universidades (por ejemplo, los cinco Curricula de ACM: computer science, computer engineering, information systems, information technology and software engineering).

Los referentes internacionales más próximos a la presente propuesta los encontramos en el modelo de máster británico, y más en concreto en los siguientes:

- M. Sc. in High Performance Computing ofertado por el EPCC en la Universidad de Edimburgo (<http://www.epcc.ed.ac.uk/msc/>). EPCC (<http://www.epcc.ed.ac.uk/>) es uno de los centros europeos líderes en investigación avanzada, transferencia tecnológica y provisión de servicios de supercomputación tanto al mundo académico como al industrial. El programa de este máster, que al igual que nuestra propuesta se realiza en un único curso académico, proporciona una excelente base en computación de altas prestaciones y su aplicación práctica. Los contenidos del máster ofrecido por el EPCC, que cubren desde conceptos fundamentales a tópicos avanzados en computación de altas prestaciones y e-ciencia, guardan un gran parecido con los de nuestra propuesta.
- M. Sc. in High Performance Computing ofertado por la Facultad de Matemáticas de la Universidad de Dublin en colaboración con el Trinity Centre of HPC (<http://www.maths.tcd.ie/hpcmsc/>). De nuevo la duración del máster es de un curso académico. Los contenidos del máster incluyen arquitectura del computador, optimización software, programación paralela y simulación y modelado. Este máster está íntimamente ligado a las actividades de innovación e investigación en el área de la computación de altas prestaciones que se llevan a cabo en el Trinity College de la Universidad de Dublín. El área de las aplicaciones incluye simulación de sistemas físicos, químicos y biológicos, gestión del riesgo financiero, modelado de telecomunicaciones, optimización y minería de datos.

Por último, se ha tenido en cuenta también la temática abordada en las conferencias internacionales más importantes relacionadas con la computación de altas prestaciones y sus aplicaciones (por ejemplo, *Supercomputing Conference*, *High Performance Computing and Communications*, *High Performance Computing and Applications*, etc.), con el objetivo de proporcionar una visión moderna de las aplicaciones y los frentes de investigación.

2.3. Procedimientos de consulta internos y externos utilizados para la elaboración del título

Consultas Internas

Se ha constituido una comisión redactora del Plan de Estudios del Máster en Computación de Altas Prestaciones, formada por tres representantes de cada uno de los departamentos implicados y dos representantes del Centro de Supercomputación de Galicia.

La definición del Plan de Estudios del Máster ha consistido en la realización de tareas por parte de los miembros de la comisión y reuniones para puesta en común de los resultados de dichas tareas, discusión de los resultados y planificación de tareas futuras. Desde febrero a septiembre de 2014 la comisión redactora del Plan de Estudios del Máster se ha reunido un total de ocho veces.

Durante la elaboración de la propuesta, con el objetivo de mejorar con esta propuesta la planificación de las enseñanzas en el Máster en Computación de Altas Prestaciones, se han utilizado respuestas a encuestas evaluación que cada año se realizan tanto a los alumnos como a los profesores, donde además de valorar cuantitativamente los distintos aspectos relacionados con el seguimiento del título, como información previa recibida, actuaciones de orientación a los estudiantes, personal académico, aulas, recursos materiales, etc, también pueden reflejar sus observaciones y sugerencias. Los resultados de las encuestas se pueden encontrar en el apartado de seguimiento en la web del máster: <http://gac.des.udc.es/~pglez/master/seguimiento.php>.

También se ha utilizado una encuesta que se realizó en mayo de 2014 a los egresados del Máster en Computación de Altas Prestaciones en los cuatro cursos anteriores, cuyos resultados se pueden consultar en la web del máster: http://gac.des.udc.es/~pglez/master/seguimiento/resultados_encuesta_egresados.pdf, dónde se les pregunta explícitamente si en su actividad posterior al Máster habían necesitado nuevos conocimientos que ellos consideraban que debían incluirse en el plan de estudios.

A la hora de elaborar el plan de estudios, se han mantenido reuniones con todo el equipo docente. Ellos han sido los encargados de planificar las fichas de sus materias y posteriormente estudiar las relaciones y dependencias con las de las demás materias. Debemos recordar que esta propuesta no parte de cero, sino que supone una modificación al Máster en Computación de Altas Prestaciones, por lo que una parte importante del equipo docente cuenta con una experiencia previa en la titulación que, creemos, avala la solvencia de la propuesta.

Se han mantenido reuniones con alumnos del curso actual y con algunos egresados que actualmente se encuentran realizando su tesis doctoral, donde se han recogido sugerencias y opiniones sobre el nuevo plan de estudios que se plantea.

Consultas Externas

Durante los días 17,18 y 19 de septiembre de 2014, se celebran en Valladolid las XXV Jornadas de Paralelismo. Las Jornadas de Paralelismo es el congreso nacional de referencia en el Área de Arquitectura y Tecnología de Computadores, que supone un

encuentro de numerosos investigadores relacionados con la computación de altas prestaciones. La asistencia al congreso de profesores de reconocido prestigio en el área, así como la participación de varios de los docentes del máster, tanto en las Jornadas de Paralelismo como en el comité de dirección de las Jornadas SARTECO (Sociedad de Arquitectura y Tecnología de Computadores), nos brinda la oportunidad de debatir con ellos aspectos relacionados con la planificación de este máster, y recibir sugerencias que contribuirán a mejorar la propuesta.

Finalmente, se han realizado consultas con las empresas que han colaborado con el actual Máster en Computación de Altas Prestaciones y que han manifestado su interés en mantener la colaboración en esta nueva propuesta. En concreto, se ha realizado una reunión conjunta con HP España, Bull y Fujitsu, aprovechando la entrega de premios que estas empresas conceden anualmente a los mejores estudiantes del máster, que se celebró el 11 de marzo de 2014. En esta reunión, los representantes de estas empresas han tenido ocasión de comentarnos sus impresiones sobre la propuesta del plan de estudios y de realizar sugerencias que se han incorporado al mismo.

3. COMPETENCIAS

Este Máster tiene como principal objetivo la formación de investigadores en el campo de la arquitectura de computadores y la computación de altas prestaciones. Esto incide en la formación académica, de investigación y de transferencia de tecnología que permitirá a los alumnos incorporarse a centros o departamentos de innovación, investigación y desarrollo, parques tecnológicos, parques industriales, centros de alta tecnologías, y/o empezar la realización de la tesis doctoral en el área de la computación de altas prestaciones.

Igualmente, se promueven los valores sociales y medioambientales relacionados con la informática, y un conjunto de competencias transversales orientadas al desarrollo profesional, como son la capacidad de trabajo en equipo, de dirigir grupos de trabajo, de comunicación oral y escrita y, particularmente, la capacidad de seguir aprendiendo a lo largo de la trayectoria profesional.

3.1. Competencias generales y específicas

Las competencias específicas de las materias se encuentran recogidas en la descripción de las asignaturas del máster en el punto 5.

A modo de resumen se ha realizado un compendio de todas las competencias a fin de poder mostrar en una tabla la correspondencia entre las materias del máster y las competencias asociadas a cada una de ellas. En la elaboración de estas competencias se han respetado los principios recogidos en el artículo 3.5 del RD 1393/2007 de 29 de octubre.

Competencias específicas:

CE1: Analizar y mejorar el rendimiento de una arquitectura o un software dado;

CE2: Definir, evaluar y seleccionar la arquitectura y el software más adecuado para la resolución de un problema;

CE3: Conocer el manejo de las librerías numéricas de HPC, sus posibilidades y sus aplicaciones en los distintos campos de la Ingeniería;

CE4: Profundizar en el conocimiento de las herramientas de programación y depuración particularmente en entorno Unix y diferentes lenguajes de programación;

CE5: Conocer las arquitecturas emergentes en el campo de la supercomputación;

CE6: Analizar, diseñar e implementar algoritmos y aplicaciones paralelas eficientes;

CE7: Adquirir conocimientos sobre las tecnologías de virtualización: instalación, configuración y utilización;

CE8: Conocer las tecnologías y herramientas disponibles para la computación en sistemas distribuidos sobre una red y el procesamiento de ingentes cantidades de datos;

CE9: Conocer los principales elementos HW y SW de un servidor y ser capaz de mejorar el rendimiento y las capacidades del mismo;

CE10: Adquirir los conocimientos necesarios para la administración de los servicios de los sistemas;

CE11: Implantar y administrar sistemas de supercomputación, HPC y HTC;

CE12: Conocer las tendencias en supercomputación así como su utilización práctica en los sectores industrial, académico y público;

CE13: Integrarse en la operativa diaria de un centro relacionado con la supercomputación;

CE14: Diseñar un proyecto de nueva ejecución;

CE15: Gestionar un proyecto colaborativo.

Competencias básicas:

CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación

CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio

CB8 - Que los estudiantes sean capaces 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

CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades

CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

Competencias generales:

CG1 - Conocer y experimentar el método científico de investigación

CG2 - Capacidad de análisis y síntesis;

CG3 - Capacidad de organización y planificación;

CG4 - Motivación por la calidad y mejora continua;

CG5 - Buscar y seleccionar la información útil necesaria para resolver problemas complejos, manejando con soltura las fuentes bibliográficas del campo;

CG6 - Mantener y extender planteamientos teóricos fundados para permitir la introducción y explotación de tecnologías nuevas y avanzadas;

CG7 - Ser capaz de trabajar en un equipo, en especial de carácter interdisciplinar;

CG8 - Exponer, defender y discutir propuestas.

Competencias transversales:

CT1: Expresarse correctamente, tanto de forma oral como escrita, en las lenguas oficiales de la comunidad autónoma;

CT2: Dominar la expresión y la comprensión de forma oral y escrita de un idioma extranjero;

CT3: Utilizar las herramientas básicas de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) necesarias para el ejercicio de su profesión y para el aprendizaje a lo largo de su vida;

CT4: Desenvolverse para el ejercicio de una ciudadanía abierta, culta, crítica, comprometida, democrática y solidaria, capaz de analizar la realidad, diagnosticar problemas, formular e implantar soluciones basadas en conocimiento y orientadas al bien común;

CT5: Entender la importancia de cultura emprendedora y conocer los medios al alcance de las personas emprendedoras;

CT6: Valorar críticamente el conocimiento, la tecnología y la información disponible para resolver los problemas con los que deben enfrentarse;

CT7: Asumir como profesional y ciudadano la importancia del aprendizaje a lo largo de la vida;

CT8: Valorar la importancia que tiene la investigación, la innovación y el desarrollo tecnológico en el avance socioeconómico y cultural de la sociedad

4. ACCESO Y ADMISIÓN DE ESTUDIANTES

4.1. Sistemas de información previa a la matriculación y procedimientos accesibles de acogida y orientación de los estudiantes

Se utilizarán los procedimientos de información y acogida utilizados habitualmente por las Universidades de Santiago de Compostela, A Coruña y Málaga para todos sus estudios. Adicionalmente, se utilizará: Información multimedia (web, portales, videos), información documental e impresa, jornadas e información personalizada.

La USC cuenta con un Vicerrectorado responsable de la oferta de titulaciones oficiales (grado, máster, programas de doctorado) y se encarga de su promoción y publicidad con la colaboración de otros vicerrectorados y servicios.

Los estudiantes podrán encontrar la información concreta sobre los estudios de máster en los siguientes enlaces de la página web de la USC: <http://www.usc.es/gl/titulacions/pop>, <http://www.usc.es/master> y <http://www.usc.es/masteres>, de la UDC: <http://estudios.udc.es/es/degrees> y <http://estudios.udc.es/es/study/start/473V01> y de la UMA: <http://www.uma.es/masteres-oficiales/> y <http://www.uma.es/cipd/>. Además, la USC cuenta con un programa específico de información y difusión de su oferta de estudios a través de un perfil específico en su página web dirigido a futuros estudiantes: <http://www.usc.es/es/perfiles/futuros>.

La información relativa a la admisión y matrícula en los másteres se puede obtener a través de la página web de la USC, <http://www.usc.es>, <http://www.usc.es/cptf/>, de la UDC: <http://estudios.udc.es/es/study/admission/473V01> y de la UMA: <http://www.uma.es/acceso/cms/menu/preinscripcion/master/>, las cuales se mantienen constantemente actualizadas. Asimismo, las tres sedes elaboran carteles y folletos de difusión de la oferta de másteres oficiales, y de los plazos de admisión y de matrícula. Además, se responde a consultas a través de la Oficina de Información Universitaria (OiU) <http://www.usc.es/es/servizos/oiu> y de las direcciones de información de los propios másteres.

Por parte de la UDC, el Servicio de Asesoramiento y Promoción del Estudiante (SAPE) y la Guía del Estudiantado, con los sitios web <http://www.udc.es/sape/> y http://www.udc.es/estudiantes/guia_estudiante/ difunden información acerca de la oferta de la universidad, el proceso de matrícula y en general orientan en cuanto les resulta de interés a los posibles alumnos. En las tres universidades, los Centros y Departamentos se exponen carteles informativos con los plazos de admisión y matrícula.

Además, las tres universidades participan anualmente en Ferias y Exposiciones acerca de la oferta docente de Universidades y Centros de Enseñanza Superior, tanto a nivel local como nacional (Aula) e internacional (NAFSA, ACFTL en Estados Unidos, y especialmente Europosgrado en Latinoamérica), para promocionar su oferta de estudios.

Los estudiantes del último año de licenciaturas/diplomaturas/grados reciben información de la oferta de títulos de máster durante el verano del año en que culminan esos estudios. Pero más específicamente, los coordinadores en cada una de las universidades organizarán una sesión informativa en sus centros en el mes de mayo, destinada especialmente (aunque no exclusivamente) a los estudiantes de último curso de grado que puedan estar interesados en continuar sus estudios en este máster.

La tres universidades realizan, al inicio de cada curso académico, jornadas de acogida organizadas por los Vicerrectorados con competencias en asuntos estudiantiles. Estas

jornadas tienen por objeto presentar a los nuevos estudiantes las posibilidades, recursos y servicios que les ofrece la Universidad. Los departamentos implicados en este master, por su parte, recibirán en una jornada de acogida a los nuevos estudiantes el primer día de clase. En ella se les ofrece una presentación del equipo docente, las aulas, la biblioteca, los servicios administrativos y la organización académica del centro.

Además de estos canales de difusión, el Departamento de Electrónica y Computación de la USC, coordinador del programa, mantendrá en todo momento una página web con información detallada del máster siguiendo los criterios y recomendaciones de la ANECA. Este portal web mantendrá la información completa sobre el programa, el profesorado, la metodología docente, los procesos administrativos, el calendario, los procesos de sugerencias y reclamaciones, los eventos relacionados o la información sobre empleo y becas. A modo de ejemplo se puede consultar la web del actual Máster en Computación de Altas Prestaciones.

4.2. Acceso y admisión

El artículo 16 del Real Decreto 1393/2007 establece que para acceder a las enseñanzas oficiales de máster será necesario estar en posesión de un título universitario oficial español u otro expedido por una institución de educación superior del Espacio Europeo e Educación Superior que facultan en el país expedidor del título para el acceso a enseñanzas de máster.

Asimismo, 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 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 máster.

El sistema de admisión del alumnado se realizará de acuerdo con los criterios y procedimientos establecidos en cada una de las universidades, siempre siguiendo los principios de objetividad, imparcialidad, mérito y capacidad.

Las competencias en materia de admisión en cada universidad son responsabilidad de:

- La Comisión Académica del máster en la USC, tal como se establece en la normativa de la USC (<http://www.usc.es/export/sites/default/gl/normativa/descargas/rdesreguestudosposgrao.pdf>)
- La Comisión de Selección y Admisión de Estudiantes de la UDC, que tendrá la composición y funciones determinadas en la Normativa de Gestión Académica del correspondiente curso académico, que en este momento establece que estará constituida por el coordinador del máster en la UDC, que presidirá la comisión, el administrador del centro que custodiará la documentación recibida y tres profesores de la UDC con docencia en el máster.
- La Comisión de Selección y Admisión de Estudiantes de la UMA se rige por las pautas establecidas según el Artículo 15 del Reglamento de estudios conducentes a Títulos Oficiales de Máster Universitario de la Universidad de Málaga. De esta forma, la comisión estará constituida por el coordinador del máster en la UMA, que preside la comisión, el administrativo que recibe y custodia la documentación aportada por los solicitantes, un profesor de la UMA como representante de los docentes del máster en la UMA y un representante de los alumnos.

Estas comisiones actuarán coordinadas en todo momento por la Comisión Técnica del máster, que estará constituida por representantes de las tres universidades y del CESGA.

A la hora de establecer los criterios de admisión tendrá en cuenta lo establecido en el artículo 17 del Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre y en la Orden ECI 3858/2007, de 27 de diciembre.

Los estudiantes que quieran acceder al Máster en Computación de Altas Prestaciones deberán estar en posesión de un título en Ingeniería (Superior o Técnica) en Informática, Grado en Ingeniería Informática, Ingeniería (Superior, Técnica o Grado) en los ámbitos de telecomunicaciones, electrónica o industriales, o una Licenciatura o Grado en Física o Matemáticas. También podrán acceder al Máster estudiantes cuyos títulos universitarios correspondan a campos relacionados con los indicados, en particular otras ingenierías o titulaciones en cualquier área de ciencias.

Aunque no se asumen conocimientos previos en computación de altas prestaciones, si se recomienda que los solicitantes tengan competencias en alguno o varios de los siguientes lenguajes de programación: Java, C++, C o Fortran. Además, se recomienda tener unos conocimientos mínimos de inglés correspondientes al nivel B1 del marco común europeo de referencia. No se prevén complementos formativos para adquirir estos conocimientos básicos previos.

Los criterios de admisión se basarán exclusivamente en el expediente académico.

4.3. Sistemas de apoyo y orientación de los estudiantes

El procedimiento de apoyo y orientación de los estudiantes en el Máster en Computación de Altas Prestaciones se establece en dos momentos diferenciados en función de la situación de la persona a la que va dirigido:

1.- El procedimiento de apoyo y orientación a los solicitantes interesados, en proceso de matrícula y al inicio del Máster

2.- El procedimiento de apoyo y orientación general del Máster

En el primer caso, durante el proceso de matrícula y al comienzo del Máster, serán los coordinadores de la titulación en cada universidad los encargados de facilitar toda la información que los alumnos necesiten de tipo académico, y orientarlos y asesorarlos en aspectos como las materias de las que matricularse y la planificación del esfuerzo, especialmente en el caso de alumnos que deseen matricularse a tiempo parcial. Además, cada universidad cuenta con una sección administrativa específica que facilita la matriculación de los alumnos (especialmente los extranjeros) recordando la documentación requerida y los plazos dispuestos.

En el segundo caso, una vez matriculados en el Máster, el sistema de apoyo y orientación de los estudiantes constará de las siguientes acciones:

1.- Jornada de Acogida: al inicio de cada curso académico, antes del comienzo de las clases, se organizará una jornada de acogida a los nuevos estudiantes. En ella se les ofrecerá una presentación del equipo docente, las aulas y la organización académica del máster. Se pretende exponer en esta jornada información adicional y complementaria a la ya expuesta en los procesos previos de difusión y de orientación previa a la matriculación. Se expondrán, asimismo, los planes de tutela que se detallan en el siguiente punto.

2.- Proceso de Tutela: existirá un sistema de tutorías por el que todos los alumnos contarán con un docente que hará las labores de tutor personal. La lista de los tutores asignados a cada alumno matriculado se elaborará una vez cerrado el proceso de matriculación, y será aprobada por la Comisión Técnica del máster. Estará disponible para su consulta en los medios de difusión que tiene a su disposición la organización del Máster. Las funciones del tutor serán las atender a las consultas del alumno, orientarle en aquellos temas que precise, y apoyarle en el desarrollo de su actividad académica. Además, orientará al alumno en aquellos aspectos que puedan serle de utilidad para que, en el momento de realizar el Trabajo Fin de Máster, pueda disponer de una visión amplia y adecuada del enfoque académico del mismo. Además, el coordinador del máster será un referente tanto para el tutor personal como para el alumno. Se dará continuidad al proceso de tutorización de los estudiantes durante todos los estudios, incluyendo orientación para la posterior realización de la tesis doctoral, y eventualmente la incorporación a la vida laboral o estudios posteriores. Diversas herramientas de soporte no presencial se utilizarán para facilitar esta labor.

3.- Orientación Profesional: cada año, en el mes de mayo, el CESGA organizará una jornada-taller con la participación, entre otras, de las empresas colaboradoras con el Máster. Durante esta jornada los alumnos tendrán la oportunidad de charlar con responsables de equipos I+D+i en empresas del sector con necesidades en computación de altas prestaciones, con el objetivo de ofrecer una visión de las empresas sobre HPC,

la visión del futuro del HPC y de las arquitecturas de computación que tienen estas empresas, y proporcionarles ejemplos de proyectos que las empresas tienen en marcha.

4.- Se informará y orientará a los alumnos sobre acciones de dinamización sociocultural de los estudiantes y programas de soporte personal al estudiante (ayudas al estudio, movilidad asesoramiento pedagógico, gestión de becas, etc.) que organicen los servicios que las universidades ofrecen en materia de apoyo y orientación a los estudiantes.

- En el caso de la UDC estos servicios son, entre otros, el Centro Universitario de Formación e Innovación Educativa (CUFIE: <http://www.udc.es/cufie>), el Observatorio Ocupacional (<http://www.observatorio.udc.es/>), el Aula de Formación Informática (AFI: <http://www.udc.es/afi/>), el Centro de Lenguas (<http://www.udc.es/centrodelenguas/>), el Servicio de Normalización Lingüística (<http://www.udc.es/snl/>) o el Servicio de Asesoramiento y Promoción Estudiante (SAPE: <http://www.udc.es/sape>).
- En el caso de la USC se cuenta, entre otros, con el Centro de Tecnologías para el aprendizaje (CeTA: <http://www.usc.es/ceta/>), los Servicios de Apoyo al Emprendimiento y al Empleo (SAEE: <http://www.usc.es/es/servizos/saee>), la Red de Aulas de Informática (RAI: <http://www.usc.es/es/servizos/atic/rai>), el Centro de Lenguas Modernas (CLM: <http://www.usc.es/es/servizos/clm>), el Servicio de Normalización Lingüística (SLN: <http://www.usc.es/snl>) y el Servicio de Participación e Integración Universitaria (SEPIU: <http://www.usc.es/gl/servizos/sepiu/integracion.html>) para la integración de personas con discapacidad.
- En el caso de la UMA se cuenta, entre otros, con el servicio de Futuros Alumnos (<http://www.uma.es/cms/base/ver/section/document/9901/futuros-alumnos/>), la Unidad de Empleo y Orientación Profesional (<http://www.uma.es/cms/base/ver/collection/collection/62721/practicas-empleo-y-orientacion/>), el Servicio de Becas y Organización Estudiantil (<http://www.uma.es/becas/>), el Centro de Idiomas de la UMA (<http://www.fguma.es/contenidos/general.action?idsupersection=2&idselectedsection=29&typetable=opcion>), el Servicio de Apoyo al Alumnado con Discapacidad (SAAD: <http://www.uma.es/servicio-de-atencion-al-alumnado-con-discapacidad/>), la red de Aulas TIC del Servicio de Enseñanza Virtual y Laboratorios tecnológicos (<http://evlt.uma.es>), y el Servicio de Innovación Educativa (<http://www.uma.es/formacion/cms/menu/formacion-pdi/innovacion-educativa/>).

4.4. Transferencia y reconocimiento de créditos

La dimensión de las materias se ha realizado de acuerdo a créditos ECTS, tal como se establece en el real decreto 1393/2007. Estrechamente relacionado con esto se encuentra el número de materias a cursar en paralelo.

Las tres universidades, USC, UDC y UMA, cuentan con una “Normativa de transferencia y reconocimiento de créditos para titulaciones adaptadas al Espacio Europeo de Educación Superior”, de cuya aplicación son responsables los Vicerrectorados con competencias en oferta docente y la Secretaría General con los Servicios de ellos dependientes.

Esta normativa cumple lo establecido en el RD 1393/2007 y tiene como principios, de acuerdo con la legislación vigente:

- Un sistema de reconocimiento basado en créditos (no en materias) y en la acreditación de competencias.
- La posibilidad de establecer con carácter previo a la solicitud de los estudiantes, tablas de reconocimiento globales entre titulaciones, que permitan una rápida resolución de las peticiones sin necesidad de informes técnicos para cada solicitud y materia.
- La posibilidad de especificar estudios extranjeros susceptibles de ser reconocidos como equivalentes para el acceso al grado o al postgrado, determinando los estudios que se reconocen y las competencias pendientes de superar.
- La posibilidad de reconocer estudios no universitarios y competencias profesionales acreditadas.

Estas normativas están accesible públicamente a través de la web de la las distintas universidades, en los enlaces

http://www.usc.es/gl/servizos/sxopra/0321_masters_normativa.html#transferencia ,
http://www.udc.gal/export/sites/udc/normativa/_galeria_down/academica/Norm_tceees_adaptada_e.pdf, y
http://www.uma.es/secretariageneral/normativa/propia/disposiciones/alumnos/regl_reco_cregra.htm.

Además de los criterios de reconocimiento generales, se considerarán los que presenten una adecuación entre las competencias y los conocimientos asociados a las materias superadas por el estudiante y los previstos en el plan de estudios o que tengan carácter transversal, teniendo en cuenta que:

- El número de créditos, o en su caso horas, sea al menos, el 75% del número de créditos u horas de las materias por las que se quiere obtener el reconocimiento de créditos
- Confieran, al menos, el 75% de competencias y conocimientos de las materias por las que se quiere obtener el reconocimiento de créditos

La Comisión Técnica de la titulación establecerá las equivalencias entre estudios superados en otras universidades y los que puedan ser reconocidos en el plan de estudios. Así mismo, podrá establecer tablas de equivalencia especificando los créditos que se reconocen.

No se contempla el reconocimiento de créditos cursados en el ámbito de la educación superior no universitaria ni en títulos propios.

La experiencia laboral y profesional acreditada podrá ser también reconocida en forma de créditos, siempre que confieran, al menos, el 75% de las competencias de las materias por las que se quiere obtener reconocimiento de créditos. La Comisión Técnica del máster determinará el período mínimo de tiempo acreditado de experiencia laboral o profesional requerido para obtener el reconocimiento de créditos solicitado, pero en ningún caso podrá ser inferior a 6 meses. La Comisión Técnica del Máster valorará y aprobará, si es el caso, las solicitudes de reconocimiento de créditos, previo informe de los profesores que imparten las materias y a la vista de la documentación que presenten los solicitantes, que como mínimo ha de ser: copia de la vida laboral o contrato laboral, y certificado de la empresa donde consten las funciones y tareas que realiza o ha realizado en el puesto de trabajo. El número de créditos que pueden ser objeto de reconocimiento a partir de experiencia profesional o laboral no podrá ser superior a 9 créditos.

5. PLANIFICACIÓN DE LAS ENSEÑANZAS

5.1. Estructura de las enseñanzas

El plan de estudios consta de 12 materias y un Trabajo Fin de Máster (TFM). De estas 12 materias, 6 tienen carácter obligatorio y las otras 6 son optativas, lo que da lugar a un total de 36 créditos ECTS obligatorios, 18 créditos optativos y 15 créditos de Trabajo Fin de Master, tal y como se resume en la siguiente tabla:

| Tipo de materia | Créditos |
|-----------------------|-----------|
| Obrigatorias | 36 |
| Optativas | 18 |
| Trabajo Fin de Máster | 15 |
| TOTAL | 69 |

Esto significa una oferta académica de 69 ECTS. Los alumnos deben matricularse de todas las materias obligatorias y de al menos 9 créditos optativos:

| Tipo de materia | Créditos |
|-----------------------|-----------|
| Obrigatorias | 36 |
| Optativas | 9 |
| Trabajo Fin de Máster | 15 |
| TOTAL | 60 |

La estructura temporal está organizada en dos cuatrimestres, que mantienen una prelación en cuanto a los contenidos de las materias. En el primer cuatrimestre se imparten exclusivamente materias obligatorias y la optatividad se recoge en el segundo cuatrimestre. El Trabajo Fin de Máster se realiza durante el segundo cuatrimestre.

Las materias propuestas son las siguientes:

| MATERIA | ECTS | Carácter | Cuatr. |
|---|------|-------------|--------|
| M1 Arquitecturas de Altas Prestaciones | 6 | Obligatorio | 1 |
| M2 Programación Paralela | 6 | Obligatorio | 1 |
| M3 Computación en la Nube y Big Data | 6 | Obligatorio | 1 |
| M4 Análisis de Rendimiento y Optimización | 6 | Obligatorio | 1 |
| M5 Arquitecturas Heterogéneas | 6 | Obligatorio | 1 |
| M6 Aplicaciones de Altas Prestaciones | 6 | Obligatorio | 2 |
| M7 Redes y Sistemas de Almacenamiento de Altas Prestaciones | 3 | Optativo | 2 |
| M8 Entornos de Desarrollo Software | 3 | Optativo | 2 |
| M9 Administración de Sistemas de Altas Prestaciones | 3 | Optativo | 2 |
| M10 Esquemas de Programación Paralela | 3 | Optativo | 2 |
| M11 Diseño e Infraestructuras de Altas Prestaciones | 3 | Optativo | 2 |
| M12 Optimización Automática | 3 | Optativo | 2 |
| M13 Trabajo Fin de Master | 15 | Obligatorio | 2 |

La descripción detallada de cada una de las materias incluidas en esta propuesta de Máster en Computación de Altas Prestaciones ha sido desarrollada por profesores especialistas en la materia. Los contenidos y las actividades formativas desarrollados en las asignaturas guardan relación con las competencias (ver apartado 3 de esta memoria) que debe adquirir el estudiante a lo largo del proceso de enseñanza-aprendizaje.

En las Guías Docentes de cada asignatura, que se elaboran cada curso académico antes del comienzo del mismo, se detallarán las competencias de la titulación que se desarrollan, las competencias de la materia, los contenidos, la planificación, las metodologías de enseñanza-aprendizaje, la atención personalizada, el sistema de evaluación y los recursos bibliográficos.

Mecanismos de coordinación del título.

Los mecanismos de coordinación del título son los devenidos del sistema de garantía de calidad del plan de estudios acorde a los sistemas de garantía de calidad del título implantados en la USC, la UDC y la UMA. El título Máster Universitario en Computación de Altas Prestaciones, estará coordinado por una Comisión Técnica constituida al efecto. Esta comisión estará presidida por el coordinador del máster en la universidad coordinadora, en este caso la USC, y formada por el coordinador del máster en la UDC, el coordinador del máster en la UMA y dos representantes de los docentes en cada universidad, además, participarán en esta comisión dos representantes del CESGA. Esta Comisión Técnica realizará al menos tres reuniones anuales: una al comienzo de cada cuatrimestre y una reunión a final de cada curso académico. Entre sus funciones estará la coordinación del máster interuniversitario; la revisión de contenidos, medios técnicos, etc; el asesoramiento a las comisiones académicas en cada universidad; el análisis de las sugerencias/quejas recibidas y la realización de informes para las comisiones académicas en cada universidad; y, en general, el seguimiento de la titulación.

Coordinación docente en el máster.

Para las materias de 3 ECTS el número máximo de docentes será 2, mientras que para las de 6 ECTS será 3.

Todas las materias del máster tendrán un coordinador, que será uno de los docentes, y cuya función será la de garantizar la coordinación y el seguimiento de los contenidos impartidos y de las actividades a desarrollar. Para ello, debe convocar al menos una reunión con la antelación suficiente al inicio de la actividad docente de la materia con todos los docentes de dicha materia. Dicho coordinador supondrá el canal de comunicación entre los profesores de la materia y el coordinador de la titulación.

Por otro lado, la Comisión Técnica, a la que pertenecen docentes de todas las universidades participantes, realizará reuniones de coordinación y seguimiento al comienzo de cada cuatrimestre.

Criterio general sobre las horas de trabajo del alumno.

El número total de horas de trabajo del alumno será de 25 x ECTS. El número de horas de trabajo en aula o laboratorio será aproximadamente de 7.5 x ECTS.

Criterio general de evaluación para todas las materias.

De acuerdo con el Art. 5 del RD 1125/2003, el crédito europeo es la unidad de medida del haber académico que representa la cantidad de trabajo del estudiante para cumplir los objetivos del programa de estudios y que se obtiene por la superación de cada una de las materias que integran los planes de estudios de las diversas enseñanzas conducentes a la obtención de títulos universitarios de carácter oficial y validez en todo el territorio nacional. En esta unidad de medida se integran las enseñanzas teóricas y prácticas, así como otras actividades académicas dirigidas, con inclusión de las horas de estudio y de trabajo que el estudiante debe realizar para alcanzar los objetivos formativos propios de cada una de las materias del correspondiente plan de estudios. Por lo tanto, se habrá de computar el número de horas correspondientes a las clases lectivas, teóricas o prácticas, las horas de estudio, las dedicadas a la realización de seminarios, trabajos, programas de ordenador, exposiciones, prácticas o proyectos, y las exigidas para la preparación y realización de los pruebas de evaluación.

Cada profesor establece el sistema de evaluación de su asignatura, que se recogerá en la guía docente disponible para el alumno antes del comienzo del curso académico. No obstante, con la finalidad de alcanzar el aprendizaje significativo propuesto se ha incentivado el empleo de metodología convergente y evaluación continuada para valorar los resultados de aprendizaje obtenidos por los estudiantes en cada materia.

El sistema de calificaciones medirá el nivel de aprendizaje conseguido por los estudiantes y se expresará, de acuerdo con el Art. 5 del RD 1125/2003, en función de la siguiente escala numérica de 0 a 10, con expresión de un decimal, a la que podrá añadirse su correspondiente calificación cualitativa:

- 0-4,9: Suspenso (SS)
- 5,0-6,9: Aprobado (AP)
- 7,0-8,9: Notable (NT)
- 9,0-10: Sobresaliente (SB)

La mención de «Matrícula de Honor» podrá ser otorgada a alumnos que hayan obtenido una calificación igual o superior a 9.0. Su número no podrá exceder el establecido en cada una de las universidades.

Normas de permanencia para superar el Máster.

Las normas de permanencia se adecuarán a la normativa que a tal efecto establezcan la USC, la UDC y la UMA. Las normas existentes en la actualidad se pueden consultar en:

- *Normativa de permanencia en las titulaciones de grado y máster en la Universidad de Santiago de Compostela.* Aprobada por el Consejo Social el 5 de junio de 2012. Disponible en la página web de la USC:
<http://www.usc.es/es/normativa/estudiantes/>
- *Normativa de permanencia de estudiantes de grado y máster en la Universidade da Coruña.* Aprobada por el Consejo Social el 27 de marzo de 2014. Disponible en la página web de la UDC:
http://www.udc.es/export/sites/udc/normativa/_galeria_down/academica/PERMANENCIA.pdf

- *Normas reguladoras del progreso y la permanencia de los estudiantes de la Universidad de Málaga en los estudios de grado y máster universitario.* Disponible en la página web de la UMA:
http://www.uma.es/media/files/Normas_permanencia.pdf

Dado que en la UDC y en la UMA la normativa actual no rige para titulaciones interuniversitarias y deja su regulación al convenio de colaboración, se establece que la normativa de la USC será la reguladora del máster

Relación entre las competencias del título y las actividades formativas de cada materia.

La siguiente tabla muestra la relación entre las competencias del título y las actividades formativas de cada una de las materias del plan de estudios

| | | Materias del plan de estudios | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|---------------------|-------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|---|
| | | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 | M7 | M8 | M9 | M10 | M11 | M12 | M13 | |
| Competencias | Específicas | CE1 | * | * | | * | * | * | * | * | * | * | * | * | |
| | | CE2 | * | * | * | * | * | * | * | * | | * | * | * | |
| | | CE3 | | | | | * | * | | | | | | | |
| | | CE4 | | | * | * | | * | | * | | * | | * | |
| | | CE5 | * | * | * | | * | * | * | | * | | * | * | |
| | | CE6 | | * | * | * | * | * | | * | | | | * | |
| | | CE7 | | | * | | | * | | | | | | | |
| | | CE8 | | | * | | | * | * | | | | | | |
| | | CE9 | | | | * | | * | * | | * | | | * | |
| | | CE10 | | | * | | | | | | * | | | | |
| | | CE11 | * | | | | | | * | | * | | * | | |
| | | CE12 | * | * | * | | * | | | * | * | * | * | * | |
| | | CE13 | * | * | | | | * | * | | * | * | | * | |
| | | CE14 | * | | | | | * | | | | | * | | * |
| | | CE15 | * | | | | | * | | | | | | | |
| | Básicas y generales | CB6 | * | | | | * | * | | * | | * | | * | * |
| | | CB7 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| | | CB8 | | | | * | * | * | | | * | | * | * | |
| | | CB9 | * | * | | | | * | * | * | | * | * | | * |
| | | CB10 | * | * | * | * | * | | * | * | * | * | * | * | * |
| | | CG1 | * | | | * | * | * | | * | | | | * | * |
| | | CG2 | * | * | | * | * | * | * | * | * | | * | * | * |
| | | CG3 | * | | * | | | * | | | * | | | | * |
| | | CG4 | | * | | | | | | | * | | | * | * |
| | | CG5 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| CG6 | | * | | | | | | | | * | * | | * | * | |
| CG7 | | | * | | | * | * | | * | | * | | | | |
| CG8 | | * | * | | * | * | * | * | | * | * | | * | * | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <i>Transversales</i> | CT1 | * | * | * | * | * | * | * | | * | * | * | * | * |
| | CT2 | * | * | * | * | | * | * | | | * | | * | * |
| | CT3 | | * | * | | * | | * | * | | * | | | * |
| | CT4 | * | | | | | | | | * | | * | | * |
| | CT5 | | | * | | | | | * | | | | | * |
| | CT6 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| | CT7 | * | * | | * | | | * | * | * | | * | | * |
| | CT8 | * | * | | | * | | | * | | * | * | * | * |

5.2. Planificación y gestión de la movilidad de estudiantes propios y de acogida

La movilidad de los estudiantes se gestiona en las universidades que imparten el máster a través de las Oficinas de Relaciones Externas.

La movilidad de los estudiantes está regulada a través del “Reglamento de Intercambios Interuniversitarios” aprobado por el Consejo de Gobierno de la USC el 6 de febrero de 2008 y publicado en el Diario Oficial de Galicia el 26 de marzo.

Su planificación y gestión se desarrolla a través del Vicerrectorado de Relaciones Institucionales y de la Oficina de Relaciones Exteriores de la Universidad, en coordinación con la Facultad a través de la “Unidad de apoyo a la gestión de centros y departamentos” (UAGCD) y del vicedecano/a responsable de programas de intercambio.

Actualmente, la Universidade de Santiago de Compostela ha puesto en marcha el Programa Xeral de Mobilidade Xan de Forcados, que engloba cada año los distintos instrumentos que pretenden fomentar la movilidad de los miembros de la comunidad universitaria con Universidades de América, Asia, Australia y Suiza, y que complementa los programas Sócrates-Erasmus, Erasmus Mundus y Sicue. Tiene como objetivo principal incrementar la eficiencia de las acciones de fomento de la movilidad desarrolladas por la Universidad.

En lo relativo a la UDC será de aplicación el reglamento de Gestión de la Movilidad de Estudiantes, recogida en las webs

<http://www.udc.es/ori/gal/intercambio/normativaVisitantes.shtml> y

http://www.udc.es/informacion/ga/lexislacionenormativa/regulamentos/academica/xestion_mobilidade.asp

Se potenciará la movilidad tanto de profesores como de estudiantes, a través de programas de intercambio o convenios con otras Universidades del ámbito nacional o internacional. Se procurará su financiación a través de concurrencia a convocatorias con estos fines existentes en la Comunidad Europea, el Ministerio de Educación, el Ministerio de Asuntos Exteriores, la Comunidad Autónoma y diversas Fundaciones. Sin embargo, es necesario advertir que, en nuestra experiencia previa, al ser este un máster de sólo un curso académico, los estudiantes no están interesados en los programas de intercambio. En los cuatro cursos anteriores del Máster en Computación de Altas Prestaciones no hemos recibido ninguna solicitud de intercambio por parte de los estudiantes. En cambio, si hemos recibido una visita financiada mediante el programa Erasmus, de un profesor extranjero.

La Comisión Técnica tendrá como función tutorizar y asistir en sus decisiones académicas a los estudiantes propios y de acogida, y planificará, dotará mecanismos de seguimiento, evaluación, asignación de créditos y reconocimiento curricular de la movilidad de estudiantes tanto entre las universidades involucradas en el título como a otras universidades o centros. La selección de candidatos se llevará a cabo, para cada convocatoria o programa, por la Comisión Técnica, de acuerdo con criterios de baremación, previamente establecidos, que tienen en cuenta el expediente académico, una memoria y, en su caso, las competencias en idiomas que exige la universidad de destino.

5.3. Descripción detallada de los módulos o materias

Materia 1. Arquitecturas de Altas Prestaciones

Número de Créditos Europeos (ECTS): 6

Carácter: Obligatorio

Unidad Temporal: Cuatrimestre I

Resultados del aprendizaje:

El objetivo de esta materia es proporcionar al alumno un conocimiento sólido de las técnicas y arquitecturas más utilizadas en los procesadores de última generación, así como de qué manera se interconectan y configuran para diseñar sistemas de altas prestaciones.

El alumno será capaz de comprender y analizar las técnicas más avanzadas que se implementan en los procesadores actuales. También será capaz de entender las diferentes arquitecturas de los sistemas de altas prestaciones actuales. Además se introduce al alumno en las nuevas arquitecturas en fase de investigación y desarrollo que actualmente presentan un elevado potencial.

Como resultado de aprendizaje general, el alumno será capaz de comprender, analizar y evaluar las diferentes alternativas de las arquitecturas de altas prestaciones y seleccionar la más adecuada para cada aplicación concreta.

Contenidos:

- Procesadores multinúcleo, multihilo, many-core.
- Tipos de paralelismo a nivel de microarquitectura.
- Sistema de memoria y jerarquía cache: consistencia y coherencia de la cache.
- Sincronización de hilos concurrentes.
- Redes de interconexión en el chip (*Network-on-chip, NoC*).
- Sistemas multiprocesador y multicomputador orientados a altas prestaciones.

Competencias:

| Competencias de la materia | Relación con las competencias de la titulación | | |
|---|---|----------------------------|----------------------|
| | <i>Específicas</i> | <i>Básicas y generales</i> | <i>Transversales</i> |
| Búsqueda, selección y manejo de recursos (bibliografía, software, simuladores, etc.) sobre el campo de las arquitecturas de altas prestaciones | | CB10, CG5 | CT7 |
| Selección de la arquitectura más adecuada en función de las características del problema computacional, en base a las distintas características de las arquitecturas estudiadas | CE1, CE2, CE5, CE12 | CB7 | CT4, CT6, CT8 |
| Análisis, comparación y evaluación de diferentes arquitecturas para altas | CE1, CE2, CE12 | CB7, CG2 | |

| | | | |
|---|-----------------------|---|---------------|
| prestaciones como base para la elaboración de un pliego de condiciones técnicas | | | |
| Integración en la operativa diaria en un centro relacionado con la supercomputación | CE13 | CB9, CB10, CG7, CG8 | CT1, CT2 |
| Capacidad para llevar a cabo tareas de investigación dentro de un proyecto en el campo de las arquitecturas de altas prestaciones | CE5, CE12, CE15, CE16 | CB6, CB7, CB9, CB10, CG1, CG2, CG3, CG5, CG6, CG8 | CT2, CT6, CT8 |

Requisitos previos: No se establecen

Metodologías docentes:

1. Clase teórica: método expositivo/lección magistral. Clases teóricas, en las que se explica el contenido de cada tema. El alumno dispondrá de copias del material expositivo con anterioridad. El profesor promoverá una actitud activa, realizando preguntas que permitan aclarar aspectos concretos y dejando cuestiones abiertas para la reflexión del alumno.
2. Clases prácticas en aula de informática. Clases donde el alumno va a realizar ejercicios complementarios a los contenidos expuestos en las clases teóricas, utilizando diversas herramientas de programación y simulación. El trabajo estará tutelado por el profesor.
3. Resolución de ejercicios. Clases en las que se resolverán ejercicios relacionados con los contenidos teóricos explicados en clase. Además, se prepararán boletines de problemas adicionales que el alumno deberá resolver.
4. Seminarios. A lo largo del curso, se ofrecerán a los alumnos seminarios especializados relacionados con los contenidos de la asignatura, impartidos por expertos.
5. Aprendizaje basado en problemas (estudio de casos). Además de los ejercicios del punto anterior, se planteará a los alumnos un problema de diseño de mayor envergadura que deberán resolver de forma individual o en grupo, dependiendo de la complejidad.
6. Sesiones de aprendizaje colaborativo. Los alumnos deberán preparar trabajos sobre los contenidos de la materia. Los trabajos se realizarán en grupo y se expondrán en clase al resto de los alumnos.

Actividades formativas y su relación con las competencias:

| | Presencialidad (%) | Número de horas | Relación con las competencias |
|--------------------------------|---------------------------|------------------------|--|
| Clases teóricas y de problemas | 100% | 20 | CE1, CE2, CE5, CE12, CT8 |
| Clases prácticas | 100% | 20 | CE1, CE2, CE5, CE12, CB7, CB10, CG2, CG7, CT4, CT6 |

| | | | |
|----------------------------------|------|-----|--|
| Tutorías | 100% | 3 | CE1, CE2, CE5, CE12, CE13, CB7, CB10, CG2, CG7, CT4, CT6 |
| Seminarios | 100% | 2 | |
| Actividades de evaluación | 0% | 5 | CB9, CT1 |
| Clases de problemas | 0% | 50 | CE1, CE2, CE5, CE12, C15, CB6, CB7, CB9, CB10, CG1, CG2, CG3, CG5, CG6, CG8, CT1, CT6, CT7 |
| Realización de trabajos en grupo | 0% | 50 | CE1, CE2, CE5, CE12, CE13, CB7, CB9, CB10, CG2, CG5, CG8, CT1, CT6, CT7 |
| TOTAL | | 150 | |

Sistemas de evaluación y calificación:

| | | |
|---|-----|-----|
| 1. Realización de trabajos académicamente dirigidos | 20% | 40% |
| 2. Realización de prácticas | 20% | 40% |
| 3. Resolución de problemas | 20% | 40% |
| 4. Pruebas periódicas y/o examen final | 0% | 30% |
| 5. Seguimiento continuado y objetivable de una participación activa | 0% | 20% |

El sistema de calificación será el señalado con carácter general para el máster.

Materia 2. Programación paralela

Número de Créditos Europeos (ECTS): 6

Carácter: Obligatorio

Unidad Temporal: Cuatrimestre I

Resultados del aprendizaje:

Los objetivos globales de esta materia son: formar al alumno en los diversos paradigmas de programación de computadores paralelos; incidir en técnicas software para el diseño e implementación de algoritmos y aplicaciones paralelas eficientes; y aplicar estas técnicas de forma práctica para la programación de computadores paralelos con diferentes arquitecturas, utilizando recursos de supercomputación disponibles en el Centro de Supercomputación de Galicia (CESGA).

Una vez finalizada la materia, el alumno dispondrá de los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para:

- Comprender las principales diferencias de organización en las arquitecturas paralelas
- Entender los principales modelos de programación
- Aplicar los conocimientos adquiridos a la implementación eficiente de aplicaciones paralelas usando distintos modelos de programación

Contenidos:

- Introducción a la computación paralela
- Arquitecturas de computador paralelas
- Paradigmas de programación paralela
- Programas paralelos utilizando directivas de memoria compartida
- Programas paralelos utilizando librerías de paso de mensajes

Competencias:

Las principales competencias que adquirirá el alumno una vez superada la materia, y su relación con las competencias de la titulación, serán:

| Competencias de la materia | Relación con las competencias de la titulación | | |
|---|---|----------------------------|----------------------|
| | <i>Específicas</i> | <i>Básicas y generales</i> | <i>Transversales</i> |
| Búsqueda, selección y manejo de recursos (bibliografía, software, etc.) sobre el campo de la computación paralela | | CB10, CG2, CG5 | CT3, CT6, CT7 |
| Seleccionar el modelo de programación más adecuado para paralelizar una aplicación teniendo en cuenta características de la propia aplicación y | CE2, CE5, CE6, CE12 | CG4, CG8 | |

| | | | |
|---|----------|---------------|--------------------|
| de la arquitectura subyacente | | | |
| Análisis, diseño e implementación de algoritmos y aplicaciones paralelas eficientes sobre arquitecturas multiprocesador | CE1, CE6 | CB7, CG4, CG8 | |
| Integrarse en la operativa diaria de un Departamento de Aplicaciones en el marco de un Centro de Supercomputación | CE13 | CB7, CB9, CG7 | CT1, CT2, CT7, CT8 |

Requisitos previos:

No se establecen

Metodologías docentes:

Para cada uno de los bloques fundamentales de la materia la metodología de enseñanza constará de los siguientes pasos:

- Clase teórica: Exposición de los fundamentos básicos de cada bloque con ejemplos en pizarra.
- Clases prácticas en laboratorio y aula de informática: Puesta en práctica de los fundamentos básicos mediante pequeños ejemplos dirigidos utilizando recursos ubicados en un Centro de Supercomputación, con el fin de consolidar la adquisición de dichos conocimientos básicos en un entorno real.
- Aprendizaje basado en problemas (estudio de casos): Planteamiento de casos de estudio basados en contenidos avanzados para su resolución individual por parte de los alumnos.

La utilización de un entorno real (los recursos hardware y software de un Centro de Supercomputación) para la realización de los supuestos prácticos incentiva el aprendizaje por parte del alumno.

Actividades formativas y su relación con las competencias:

| Actividad | Presencialidad (%) | Número de horas | Relación con las competencias |
|---------------------------|---------------------------|------------------------|--|
| Clases teóricas | 100 | 18 | CE1, CE2, CE5, CE6, CE12 |
| Clases de prácticas | 40 | 55 | CE1, CE2, CE5, CE6, CE12, CE13, CB7, CB10, CG2, CG5, CG7, CT1, CT2, CT3, CT6, CT7, CT8 |
| Tutorías | 100 | 2 | CE1, CE2, CE5, CE6, CE12, CT1 |
| Actividades de evaluación | 100 | 3 | CB9, CT1 |
| Realización de trabajos | 0 | 72 | CE1, CE2, CE6, CB7, CB9, CB10, CG2, CG4, CG5, CG8, CT1, CT6, CT7 |
| <i>TOTAL</i> | | <i>150</i> | |

Sistemas de evaluación y calificación:

| | | |
|---|-----|-----|
| 1. Realización de trabajos académicamente dirigidos | 40% | 60% |
| 2. Realización de prácticas | 20% | 50% |
| 3. Resolución de problemas | | |
| 4. Pruebas periódicas y/o examen final | | |
| 5. Seguimiento continuado y objetivable de una participación activa | 0% | 20% |

El sistema de calificación será el señalado con carácter general para el máster.

Materia 3. Computación en la Nube y Big Data

Número de Créditos Europeos (ECTS): 6

Carácter: Obligatorio

Unidad Temporal: Cuatrimestre I

Resultados del aprendizaje:

Desde hace varios años, el uso de arquitecturas de computación paralelas ha sido un aspecto fundamental que ha permitido el desarrollo de importantes áreas en múltiples campos de la ciencia básica y aplicada. Sin embargo, el elevado coste de los sistemas paralelos tradicionales ha limitado su uso prácticamente a grandes industrias y centros de investigación. Hace tiempo que el uso de redes de computadores de bajo coste, así como la computación usando infraestructuras conectadas a través de Internet, representa una alternativa práctica y barata a los grandes sistemas. Así, alternativas como las infraestructuras Grid y los sistemas Cloud aparecen como paradigmas de computación distribuida que cambian el modo en el que usamos los computadores, permitiendo el acceso transparente, seguro y barato a enormes recursos computacionales desde cualquier lugar del mundo.

Por otro lado, la cada vez mayor cantidad de información accesible a través de Internet hace que el procesamiento eficiente de grandes cantidades de datos sea cada vez de mayor interés. Esto ha llevado al desarrollo de nuevas técnicas de almacenamiento y procesamiento de ingentes cantidades de información, técnicas que se adaptan de forma natural a los sistemas distribuidos.

El objetivo principal de esta materia es dar a conocer diferentes paradigmas de computación distribuida, como el Grid y Cloud Computing, así como técnicas de procesamiento de grandes cantidades de información, instruyendo al alumno en su utilización en el ámbito de la computación de altas prestaciones.

Como resultados del aprendizaje tendremos que:

- El alumno será capaz de instalar, configurar y gestionar la seguridad un entorno Grid
- El alumno conocerá y aprenderá a utilizar las herramientas básicas disponibles en entornos Grid
- El alumno conocerá y aprenderá a utilizar los servicios básicos proporcionados por alguno de los principales proveedores públicos de Cloud
- El alumno conocerá y aprenderá a utilizar alguna de las herramientas disponibles para preparar y ejecutar aplicaciones científicas en entornos Grid y Cloud
- El alumno será capaz de instalar, configurar y gestionar el software básico para la gestión del Big Data
- El alumno sera capaz de implementar códigos para procesar el Big Data
- El alumno adquirirá la habilidad necesaria para la búsqueda, selección y manejo de recursos (bibliografía, software, etc.) relacionados con la computación Grid, Cloud y Big Data

Contenidos

- Computación Grid
- Computación Cloud
- Procesamiento de grandes datos (Big Data).
- Gestión del BigData

Competencias

| Competencias de la materia | Relación con las competencias de la titulación | | |
|--|--|---------------------|--------------------|
| | Específicas | Básicas y generales | Transversales |
| El alumno adquirirá la habilidad necesaria para la búsqueda, selección y manejo de recursos (bibliografía, software, etc.) relacionados con la computación Grid, Cloud y el Big Data | CE5, CE7, CE12 | CB10, CG3, CG5 | CT1, CT2, CT3, CT6 |
| El alumno conocerá y aprenderá a utilizar las herramientas básicas disponibles en entornos Grid | CE7, CE8 | CB7, CG3 | |
| El alumno conocerá y aprenderá a utilizar alguna de las herramientas disponibles para preparar y ejecutar aplicaciones científicas en entornos Grid y Cloud | CE6, CE7, CE8 | CG3 | |
| El alumno conocerá y aprenderá a utilizar los servicios básicos proporcionados por alguno de los principales proveedores públicos de Cloud | CE7, CE8 | CB7, CG3 | |
| El alumno será capaz de instalar, configurar y gestionar la seguridad un entorno Grid | CE5, CE8 | CB7 | |
| El alumno será capaz de instalar, configurar y gestionar el software básico para la gestión del Big Data | CE5, CE8 | CB7 | |
| El alumno sera capaz de implementar códigos para procesar el Big Data | CE2, CE4, CE8 | CB7, CG3 | |
| El alumno sera capaz de implementar códigos para procesar el Big Data | CE2, CE4, CE8 | CB7, CG3 | |

Requisitos previos: No se establecen

Metodologías docentes:

Clase teórica: método expositivo/lección magistral
 Clases prácticas en laboratorio y aula de informática

Actividades formativas y su relación con las competencias:

| | Presencialidad (%) | Número de horas | Relación con las competencias |
|--------------------|---------------------------|------------------------|--|
| Clase de teoría | 100% | 10 | CE2 CE4 CE5, CE8, CE12, CB10, CT2, CT6 |
| Clase de prácticas | 25% | 136 | CE4 CE6, CE7, CE8, CB7, CG3, CG5, CT1, CT2, CT3, CT6 |
| Tutorías | 50% | 4 | CB10 CT1, CT2, CT3, CT6 |
| TOTAL | | 150 | |

Sistemas de evaluación y calificación:

| | | |
|---|-----|------|
| 1. Realización de trabajos académicamente dirigidos | | |
| 2. Realización de prácticas | 50% | 100% |
| 3. Resolución de problemas | | |
| 4. Pruebas periódicas y/o examen final | 0% | 50% |
| 5. Seguimiento continuado y objetivable de una participación activa | 10% | 20% |

El sistema de calificación será el señalado con carácter general para el máster.

Materia 4. Análisis de rendimiento y optimización

Número de Créditos Europeos (ECTS): 6

Carácter: Obligatorio

Unidad Temporal: Cuatrimestre I

Resultados del aprendizaje:

El objetivo del curso es doble, por un lado, dotar al alumno de conocimientos sobre los aspectos arquitectónicos y funcionales que influyen en el rendimiento de una aplicación paralela, y proporcionarle una visión general de las técnicas básicas de mejora del rendimiento de códigos paralelos. El alumno usará los fundamentos y herramientas necesarios para la evaluación y análisis de códigos paralelos, detectando las zonas que degradan el rendimiento, las causas de esa degradación y las posibles soluciones. También experimentará técnicas de optimización del rendimiento. Finalmente, el alumno tendrá la capacidad de tomar decisiones profesionales y empresariales que permitan mejorar la calidad, el rendimiento y la competitividad de los productos de software de su organización.

Contenidos

- Caracterización del rendimiento.
- Métricas.
- Análisis del rendimiento de aplicaciones paralelas.
- Depuración de aplicaciones paralelas.
- Técnicas de mejora del rendimiento.

Competencias

| Competencias de la materia | Relación con las competencias de la titulación | | |
|---|--|---------------------|---------------|
| | Específicas | Básicas y generales | Transversales |
| Búsqueda, selección y manejo de recursos (bibliografía, software, simuladores, etc.) sobre el campo de la caracterización y mejora del rendimiento de arquitecturas y aplicaciones paralelas. | | CB10, CG5 | CT2, CT6, CT7 |
| Capacidad de analizar, identificar y comparar el comportamiento de la ejecución de una aplicación paralela | CE1, CE2, CE4, CE6, CE9 | CB7, CB8, CB10, CG2 | CT6 |

| | | | |
|--|-------------------------------|---|----------|
| sobre diferentes arquitecturas en términos de su rendimiento. | | | |
| Conocer y aplicar las diferentes técnicas de análisis y mejora del rendimiento, así como manejar sus implementaciones software. | CE1, CE2, CE4, CE6, CE9 | CB7, CB8, CG1 | CT1 |
| Comparar y evaluar alternativas de diseño e implementación de aplicaciones paralelas para computadores paralelos con diferentes arquitecturas. | CE1, CE2, CE6, CE9, | CB7, CB8, CB10, CG1, CG2, CG5, CG8 | CT1, CT6 |

Requisitos previos:

No se establecen

Metodologías docentes:

Clase teórica: método expositivo/lección magistral: Se pretende desarrollar una materia eminentemente práctica a partir de unos sólidos conceptos teóricos. Para ello en cada tema se partirá de unas clases magistrales en las que se presentan los fundamentos de los conceptos teóricos correspondientes a cada parte para a continuación pasar a las prácticas.

Clases prácticas en laboratorio y aula de informática: Prácticas en equipo particularizadas para cada tema, que permitirán a los alumnos profundizar en los conceptos presentados durante la clase de teoría.

Aprendizaje basado en problemas (estudio de casos): Los alumnos deberán enfrentarse a una serie de problemas planteados por el profesor en las sesiones de prácticas, que se realizarán usando los recursos computacionales del CESGA y de los grupos de investigación participantes en el máster.

El objetivo de esta metodología de enseñanza es conseguir un aprendizaje incremental por parte del alumno, desde los conceptos y herramientas básicos vistos en las clases de teoría a la resolución de ejemplos cada vez más complejos en el laboratorio.

Actividades formativas y su relación con las competencias:

| | Presencial idad (%) | Número de horas | Relación con las competencias |
|------------------|--------------------------------|----------------------------|--|
| Clases teóricas | 100% | 17 | CE1, CE2, CE4, CE6, CE9, CB8, CB10, CG1, CT2, CT6, CT7 |
| Clases prácticas | 20% | 125 | CE1, CE2, CE4, CE6, CE9, CB7, CB8, CB10, |

| | | | |
|---------------------------|------|-----|---|
| | | | CG1, CG2, CG5, CG8, CT1, CT2, CT6, CT7 |
| Tutorías | 0% | 6 | CE1, CE2, CE4, CE6, CE9, CG2, CG8, CT1, CT6 |
| Actividades de evaluación | 100% | 2 | CB9,CT1 |
| TOTAL | | 150 | |

Sistemas de evaluación y calificación:

| | | |
|---|-----|-----|
| 1. Realización de trabajos académicamente dirigidos | 35% | 45% |
| 2. Realización de prácticas | 35% | 45% |
| 3. Resolución de problemas | | |
| 4. Pruebas periódicas y/o examen final | | |
| 5. Seguimiento continuado y objetivable de una participación activa | 10% | 30% |

El sistema de calificación será el señalado con carácter general para el máster.

Materia 5. Arquitecturas Heterogéneas

Número de Créditos Europeos (ECTS): 6

Carácter: Obligatorio

Unidad Temporal: Cuatrimestre I

Resultados del aprendizaje:

El alumno adquirirá la formación básica para analizar las arquitecturas heterogéneas que están emergiendo como alternativa a los sistemas multinúcleo en CPU, y quedará capacitado para contrastar sus prestaciones y rendimiento. Adicionalmente, desarrollará software eficiente para estas nuevas plataformas a través de los lenguajes que han surgido en los últimos años para aplicaciones de propósito general. Se tomará CUDA como eje central para la programación, aunque también presentaremos otras variantes como OpenACC y OpenCL. Para finalizar, familiarizaremos al alumno con las técnicas de optimización orientadas a las generaciones más avanzadas del hardware y daremos una perspectiva general de sistemas multiplataforma y clusters de GPUs.

Contenidos

1. Procesadores multi-core en CPU y many-core en GPU.
2. Estructura de un sistema heterogéneo CPU+GPU. Integración conjunta.
3. Modelos de programación y compiladores para sistemas heterogéneos.
4. Arquitectura de las GPUs actuales.
5. Programación de propósito general sobre GPUs.
6. Optimización de código y sistemas multiplataforma.

Competencias

| Competencias de la materia | Relación con las competencias de la titulación | | |
|---|--|---------------------|---------------|
| | Específicas | Básicas y generales | Transversales |
| Búsqueda, selección y manejo de recursos (bibliografía, software, simuladores, librerías, etc.) sobre el campo de las arquitecturas de altas prestaciones | CE2, CE3 | CB8, CB10, CG1, CG5 | CT3, CT6 |
| Seleccionar la configuración más adecuada de un sistema en función de las características del problema computacional | CE2, CE12 | CB7, CG2, CG7, CG8 | CT6 |
| Conocer las arquitecturas emergentes en el campo de la supercomputación | CE5 | CG2 | CT8 |
| Analizar, diseñar e implementar algoritmos y aplicaciones paralelas eficientes sobre sistemas emergentes | CE6, CE1 | CB6, CB7, CB8, CG1 | CT1 |

Requisitos previos: Estar familiarizado con la programación C a nivel básico.

Metodologías docentes:

- Clase teórica: método expositivo/lección magistral
- Clases prácticas en laboratorio y aula de informática
- Resolución de ejercicios

Actividades formativas y su relación con las competencias:

| | Presencial idad (%) | Número de horas | Relación con las competencias |
|-------------------------|--------------------------------|----------------------------|--|
| Clases teóricas | 100% | 18 | CE1, CE2, CE3, CE5, CE12 |
| Clases prácticas | 100% | 21 | CE1, CE2, CE3, CE5, CE12, CB7, CB8, CG2, CG7, CT1, CT3 |
| Tutorías | 100% | 6 | CE1, CE2, CE3, CE5, CE12, CB7, CB8, CB10, CG1, CG2, CG5, CG8, CT1,CT3, CT6, CT8 |
| Realización de trabajos | 0% | 105 | CE1, CE2, CE3, CE5, CE12, CB7, CB8, CB10, CG1, CG2, CG5, CG8, CT1,CT3, CT6, CT8 |
| TOTAL | | 150 | |

Sistemas de evaluación y calificación:

| | | |
|---|-----|-----|
| 1. Realización de trabajos académicamente dirigidos | 30% | 50% |
| 2. Realización de prácticas | 40% | 60% |
| 3. Resolución de problemas | 0% | 10% |
| 4. Pruebas periódicas y/o examen final | | |
| 5. Seguimiento continuado y objetivable de una participación activa | 0% | 10% |

El sistema de calificación será el señalado con carácter general para el máster.

Materia 6. Aplicaciones de Altas Prestaciones

Número de Créditos Europeos (ECTS): 6

Carácter: Obligatorio

Unidad Temporal: Cuatrimestre II

Resultados del aprendizaje:

El alumno comprenderá los esquemas básicos de paralelización habitualmente usados en computación científica (álgebra matricial y simulación numérica), así como otras aplicaciones comunes que requieren arquitecturas de altas prestaciones. Tendrá asimismo la capacidad de evaluar la adecuación de dichos esquemas de paralelización a problemas concretos de ciencia e ingeniería. Adquirirá la capacidad de analizar el rendimiento de las aplicaciones implementadas, así como la de diseñar nuevos algoritmos para la mejora del rendimiento de aplicaciones existentes o para la explotación eficiente de nuevos problemas.

Contenidos

- Álgebra matricial densa y dispersa
- Algoritmos paralelos Matriciales en ingeniería
- Técnicas de resolución numérica de ecuaciones diferenciales
- Aplicaciones HPC para grafos
- Algoritmos para mallas
- Algoritmos multimedia
- Otros métodos/algoritmos adecuados para sistemas HPC

Competencias

| Competencias de la materia | Relación con las competencias de la titulación | | |
|--|---|----------------------------|----------------------|
| | <i>Específicas</i> | <i>Básicas y generales</i> | <i>Transversales</i> |
| Desarrollar habilidades para resolver problemas abiertos y complejos en el campo de la Ingeniería y de la Investigación utilizando técnicas de Computación Paralela. | CE2, CE5, CE9 | CB6, CG1, CG2 | |
| Estudiar los algoritmos secuenciales y paralelos más utilizados en ciencia computacional, y analizar como se pueden desarrollar a partir de ellos aplicaciones. | CE1 | | |

| | | | |
|---|------------------|--------------------|----------|
| Conocer el manejo de las librerías numéricas de altas prestaciones, sus posibilidades y sus aplicaciones en distintos campos de la Ingeniería. | | | |
| Aprender a resolver problemas de Ingeniería que requieran el uso de técnicas de Altas Prestaciones y sistemas distribuidos. | CE3, CE4 | | CT6 |
| Captar la esencia de los problemas complejos, consiguiendo una capacidad de abstracción que permita construir modelos de simulación en base a unos objetivos específicos. Transformar estos modelos en programas ejecutables que el propio alumno sea capaz de diseñar y construir. | CE6, CE7, CE8 | CG3 | |
| Saber comparar y evaluar alternativas de diseño o de implantación de sistemas utilizando la simulación discreta, con el fin de que el egresado pueda ayudar en la toma de decisiones profesionales y empresariales. | | CB7, CG5 | |
| Capacidad para trabajar en equipos de cariz multidisciplinar. | CE13, CE15, CE16 | CB8, CB9, CG7, CG8 | CT1, CT2 |

Requisitos previos: No se establecen

Metodologías docentes:

- Clase teórica: método expositivo/lección magistral
- Clases prácticas en laboratorio y aula de informática
- Resolución de ejercicios
- Seminarios y talleres
- Aprendizaje basado en problemas (estudio de casos)
- Sesiones de aprendizaje colaborativo

Actividades formativas y su relación con las competencias:

| | Presencialidad (%) | Número de horas | Relación con las competencias |
|------------------|---------------------------|------------------------|--|
| Clases teóricas | 100% | 22 | CE1,CE2,CE5,CE12,CT8 |
| Clases prácticas | 75% | 24 | CE1,CE2,CE5,CE12, CB7,CB10,CG2,CG7,CT4,CT6 |

| | | | |
|---------------------------|------|-----|--|
| Tutorías | 100% | 4 | CE1,CE2,CE5,CE12,CE13,CB7,CB10,CG2,CG7,CT4,CT6 |
| Actividades de evaluación | 100% | 2 | CB9,CT1 |
| Realización de trabajos | 0% | 98 | CE1,CE2,CE5,CE12,CE13,CB7,CB9,CB10,CG2,CG5,CG8,CT1,CT6,CT7 |
| TOTAL | | 150 | |

Sistemas de evaluación y calificación:

| | | |
|---|-----|-----|
| 1. Realización de trabajos académicamente dirigidos | 40% | 60% |
| 2. Realización de prácticas | 20% | 40% |
| 3. Resolución de problemas | | |
| 4. Pruebas periódicas y/o examen final | | |
| 5. Seguimiento continuado y objetivable de una participación activa | 0% | 20% |

El sistema de calificación será el señalado con carácter general para el máster.

Materia 7. Redes y Sistemas de Almacenamiento de Altas Prestaciones

Número de Créditos Europeos (ECTS): 3

Carácter: Optativo

Unidad Temporal: Cuatrimestre II

Resultados del aprendizaje:

Los contenidos de la asignatura permitirán al alumno comprender los principios básicos de operación y fundamentos de las diversas tecnologías y estándares usados en las redes y sistemas de almacenamiento. Tras superar la asignatura, el alumno será capaz de comprender los requerimientos e implicaciones que cada una de estas opciones tecnológicas tiene en un sistema de computación de altas prestaciones. Para una configuración dada de sistema de computación HPC, sistema de almacenamiento y modelo de programación paralela, el alumno será capaz de analizar el impacto que dicho sistema de almacenamiento tiene sobre el rendimiento del sistema de computación y de la propia aplicación. Esto le permitirá entonces evaluar la adecuación del sistema de almacenamiento al tipo de sistema HPC y problema, y de acuerdo con el resultado de esta evaluación tomar las decisiones de diseño que le permitan obtener un mejor compromiso de rendimiento, eficiencia, precio y mantenibilidad.

Contenidos

7. Introducción: repaso a los principios básicos de E/S.
8. Estándares de redes de almacenamiento.
9. Taxonomía de los sistemas de ficheros en cluster.
10. Sistemas de ficheros con compartición de discos por SAN.
11. Sistemas de ficheros distribuidos y NAS
12. Sistemas de ficheros paralelos distribuidos orientados a objetos: Lustre
13. Impacto de los sistemas de backup

Competencias

| Competencias de la materia | Relación con las competencias de la titulación | | |
|---|---|----------------------------|----------------------|
| | <i>Específicas</i> | <i>Básicas y generales</i> | <i>Transversales</i> |
| Búsqueda, evaluación y análisis de documentación sobre implementación y operativa de sistemas de almacenamiento de altas prestaciones | CE5, CE8, CE10 | CB10,CG2, CG5 | CT2, CT6, CT7 |
| Análisis del rendimiento de una configuración de sistema de almacenamiento de altas prestaciones | CE1,CE9 | CB7, CB9 | CT3 |
| Diseño de una configuración (nueva o alternativa) para un sistema de almacenamiento de altas prestaciones | CE1,CE2, CE8, CE9, CE11, | CB7, CB9, CG2, CG5, CG8 | CT1, CT2, CT6 |

| | | | |
|--|---------------|--|--|
| | CE13, CE14 | | |
|--|---------------|--|--|

Requisitos previos: No se establecen

Metodologías docentes:

- Clase teórica: método expositivo/lección magistral
- Clases prácticas en laboratorio y aula de informática
- Seminarios y talleres

Actividades formativas y su relación con las competencias:

| | Presencialidad (%) | Número de horas | Relación con las competencias |
|---------------------------|---------------------------|------------------------|--|
| Clases teóricas | 100% | 10 | CE1, CE2, CE5, CE8, CE9, CE10, CE11, CE13, CE14, CT2, CT6 |
| Clases prácticas | 80% | 10 | CE1, CE2, CE5, CE8, CE9, CE10, CE11, CE13, CE14, CT2, CB7, CB10, CG2, CG5 |
| Tutorías | 20% | 5 | CE1, CE2, CE5, CE8, CE9, CE10, CE11, CE13, CE14, CT6, CB7, CG2 |
| Actividades de evaluación | 100% | 4 | CB9, CT1 |
| Realización de trabajos | 0% | 46 | CE1, CE2, CE5, CE8, CE9, CE10, CE11, CE13, CE14, CT1, CT2, CT3, CT6, CT7, CB7, CB10, CG2, CG5, CG8 |
| TOTAL | | 75 | |

Sistemas de evaluación y calificación:

| | | |
|---|-----|-----|
| 1. Realización de trabajos académicamente dirigidos | 20% | 40% |
| 2. Realización de prácticas | 40% | 60% |
| 3. Resolución de problemas | | |
| 4. Pruebas periódicas y/o examen final | | |
| 5. Seguimiento continuado y objetivable de una participación activa | 0% | 20% |

El sistema de calificación será el señalado con carácter general para el máster.

| |
|---|
| Materia 8. Entornos de Desarrollo Software |
|---|

Número de Créditos Europeos (ECTS): 3

Carácter: Optativo

Unidad Temporal: Cuatrimestre II

Resultados del aprendizaje:

El estudiante ha de familiarizarse con las herramientas y kits de desarrollo de software (SDK) disponibles para la programación de códigos paralelos. Ha de aprender así mismo, la correcta aplicación de las opciones de compilación de cara a una ejecución eficiente de los programas, comprendiendo la importancia de dichas opciones. Por último, ha de ser capaz de analizar la ejecución de los programas paralelos, mediante las técnicas de depurado (debugging) y representación gráfica que ayude a la comprensión de los resultados que permita extraer conclusiones dirigidas a mejorar las prestaciones de los mismos. Los estudiantes estarán capacitados para trabajar de forma colaborativa mediante herramientas de control de versiones y podrán acelerar el proceso de análisis de datos mediante lenguajes de script.

Contenidos

- Herramientas para el desarrollo de programas paralelos
- Opciones de compilación, directivas de programa
- Herramientas para la visualización de los eventos de ejecución
- Depuración y *profiling* de programas paralelos
- Herramientas para el análisis de resultados: python, matlab, ...
- Herramientas de trabajo colaborativo y control de versiones

Competencias

| Competencias de la materia | Relación con las competencias de la titulación | | |
|---|---|----------------------------|----------------------|
| | <i>Específicas</i> | <i>Básicas y generales</i> | <i>Transversales</i> |
| Búsqueda, selección y manejo de recursos (bibliografía, software, simuladores, etc.) sobre el campo de las arquitecturas de altas prestaciones | | CB10,CG5 | CT7 |
| Familiarización con los entornos de desarrollo de programas enfocados principalmente al desarrollo de códigos paralelos | CE1,CE2,CE12 | CB7 | CT3,CT5,CT6,CT8 |
| Uso de las herramientas de visualización de eventos de ejecución para el análisis de los aspectos que afectan al rendimiento de un programa paralelo y pueden constituir un cuello de botella en el rendimiento | CE1,CE2,CE4,CE6 | CB7, CG1,CG2 | CT3,CT6 |
| Dominio de las diferentes opciones de compilación que pueden afectar a las prestaciones del programa paralelo | CE4,CE6 | CB9,CB10,CG7 | CT3 |

Requisitos previos: No se establecen

Metodologías docentes:

- Clase teórica: método expositivo/lección magistral
- Clases prácticas en laboratorio y aula de informática
- Resolución de ejercicios
- Seminarios y talleres
- Aprendizaje basado en problemas (estudio de casos)
- Sesiones de aprendizaje colaborativo

Actividades formativas y su relación con las competencias:

| | Presencialidad (%) | Número de horas | Relación con las competencias |
|---------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| Clases teóricas | 100% | 8 | CE1,CE2,CE12,CT8 |
| Clases prácticas | 100% | 10 | CE1,CE2,CE12,CB7,CB10,CG2,CG7,CT6 |
| Tutorías | 100% | 3 | CE1,CE2,CE12,CB7,CB10,CG2,CG7,CT4,CT6 |
| Actividades de evaluación | 100% | 2 | CB9,CT1 |
| Realización de trabajos | 0% | 52 | CE1,CE2,CE12,CB7,CB10,CG2,CG7,CT6 |
| TOTAL | | 75 | |

Sistemas de evaluación y calificación:

| | | |
|---|-----|-----|
| 1. Realización de trabajos académicamente dirigidos | 40% | 60% |
| 2. Realización de prácticas | 20% | 50% |
| 3. Resolución de problemas | | |
| 4. Pruebas periódicas y/o examen final | 0% | 50% |
| 5. Seguimiento continuado y objetivable de una participación activa | 0% | 20% |

El sistema de calificación será el señalado con carácter general para el máster.

Materia 9. Administración de Sistemas de Altas Prestaciones

Número de Créditos Europeos (ECTS): 3

Carácter: Optativo

Unidad Temporal: Cuatrimestre II

Resultados del aprendizaje:

El objetivo de esta materia es proporcionar al alumnado los conceptos que le permitan iniciar una investigación sólida en el área de la administración de sistemas para supercomputación y clusters HPC y HTC. El estudiante será capaz de comprender y aplicar técnicas específicas para la configuración y administración de sistemas que se utilizan en supercomputación, HPC y HTC. Podrá planear e implementar la monitorización de los sistemas, y ajustar sus parámetros para mejorar el rendimiento. Comprenderá y optimizará la configuración y administración de las redes. Será capaz de organizar los sistemas de ficheros paralelos y los sistemas de colas, así como la contabilidad de los recursos. Además, analizará y resolverá los aspectos relativos a la seguridad y a las buenas prácticas en la administración de sistemas.

Contenidos

- Administración avanzada de servidores
- Administración de clusters de computación
- Monitorización y optimización de sistemas HPC
- Gestión de infraestructuras de soporte

Competencias

| Competencias de la materia | Relación con las competencias de la titulación | | |
|--|---|-------------------------------|----------------------|
| | <i>Específicas</i> | <i>Básicas y generales</i> | <i>Transversales</i> |
| Implantar y administrar sistemas de altas prestaciones | CE5, CE9, CE12, CE14 | CB6, CB10, CG3, CG4, CG5, CG8 | CT7 |
| Analizar y mejorar el rendimiento de los sistemas de supercomputación, HPC y HTC | CE1, CE5, CE9, CE12 | CB7, CG2, CG5, CG6 | |
| Gestionar clusters de computación | CE9, CE10, CE14 | CB7, CG2 | |

| | | | |
|--|-----------------------|----------|----------|
| Planificar políticas de colas de procesos | CE9, CE10, CE11, CE14 | | |
| Llevar a la práctica los conocimientos teóricos aprendidos | CE13 | CB7, CB9 | CT6 |
| Trabajar en equipo | | CG7 | CT1, CT4 |
| Planificar y organizar su tiempo y sus recursos | | CG3 | |
| Llevar a cabo un aprendizaje autónomo | | CB10 | CT7 |

Requisitos previos:

No se establecen requisitos previos, pero el alumnado de esta materia puede beneficiarse de cursar también Diseño de Infraestructuras de Altas Prestaciones.

Metodologías docentes:

- Clase teórica: método expositivo/lección magistral
- Clases prácticas en laboratorio y aula de informática
- Aprendizaje basado en problemas (estudio de casos)

Actividades formativas y su relación con las competencias:

| | Presencialidad (%) | Número de horas | Relación con las competencias |
|---|---------------------------|------------------------|---|
| Clases teóricas | 100% | 10 | CE1, CE5, CE9, CE10, CE11, CE12, CE14, CG2, CG6, CT6 |
| Clases prácticas | 100% | 10 | CE1, CE5, CE9, CE10, CE11, CE12, CE13, CE14, CB6, CG3, CG4, CG7, CG8, CT4 |
| Actividades de evaluación | | 1 | |
| <i>TOTAL</i> | | <i>21</i> | |
| Trabajo personal: consulta de bibliografía, estudio autónomo, desarrollo de actividades y | 0% | 54 | |

| | | | |
|----------------------|--|----|--|
| trabajos programados | | | |
| <i>TOTAL</i> | | 54 | |
| <i>TOTAL</i> | | 75 | |

Sistemas de evaluación y calificación:

| | | |
|---|-----|-----|
| 1. Realización de trabajos académicamente dirigidos | 30% | 50% |
| 2. Realización de prácticas | 30% | 50% |
| 3. Resolución de problemas | | |
| 4. Pruebas periódicas y/o examen final | 0% | 20% |
| 5. Seguimiento continuado y objetivable de una participación activa | | |

El sistema de calificación será el señalado con carácter general para el máster.

Materia 10. Esquemas de programación paralela

Número de Créditos Europeos (ECTS): 3

Carácter: Optativo

Unidad Temporal: Cuatrimestre II

Resultados del aprendizaje:

Tras cursar esta asignatura los alumnos podrán reconocer los distintos patrones paralelos de control, de datos y no deterministas que se pueden explotar a la hora de implementar una aplicación optimizada para ser ejecutada en un computador de altas prestaciones. Se capacitará al alumno para que pueda aplicar dichos patrones de paralelismo a problemas reales, localizando situaciones en las que éstos se pueden componer o anidar. Por último, los alumnos podrán implementar versiones paralelas de códigos secuenciales usando los patrones estudiados, para lo cual se les presentarán distintos modelos de programación de entre los que sabrán elegir el más acorde al problema y a la arquitectura que vaya a ser explotada.

Contenidos

- Patrones paralelos de control: fork-join, stencil, scan, reduction, recurrence.
- Patrones paralelos de datos: pipeline, gather, scatter, pack.
- Patrones paralelos no deterministas: branch-and-bound, thread-level speculation, transactional memory.
- Modelos de programación con soporte para patrones.

Competencias

| Competencias de la materia | Relación con las competencias de la titulación | | |
|---|---|----------------------------|----------------------|
| | <i>Específicas</i> | <i>Básicas y generales</i> | <i>Transversales</i> |
| Detectar en un algoritmo, el patrón de paralelismo que puede ser explotado de forma más eficiente. | CE1, CE2, CE4, CE12 | CB7 | CT3, CT6, CT8 |
| Seleccionar el modelo de programación adecuado que permita la implementación más productiva. | CE1, CE2, CE12 | CB8, CG5, CG6 | |
| Evaluar y comparar rendimientos de las aplicaciones en distintas arquitecturas, detectando los overheads de una incorrecta paralelización o uso no adecuado del modelo de programación. | CE13 | CB9, CB10, CG7, CG8 | CT1, CT2 |

Requisitos previos: No se establecen

Metodologías docentes:

- Clase teórica: método expositivo/lección magistral
- Clases prácticas en laboratorio y aula de informática
- Resolución de ejercicios
- Seminarios y talleres
- Aprendizaje basado en problemas (estudio de casos)
- Sesiones de aprendizaje colaborativo

Actividades formativas y su relación con las competencias:

| | Presencia (%) | Número de horas | Relación con las competencias |
|---------------------------|----------------------|------------------------|--|
| Clases teóricas | 100% | 10 | CE1, CE2, CE4, CE6, CE12, CT8 |
| Clases prácticas | 100% | 8 | CE1, CE2, CE4, CE6, CE12, CB7, CB10, CG2, CG7, CT3, CT4, CT6 |
| Tutorías | 100% | 3 | CE1, CE2, CE12, CB7, CB10, CG2, CG7, CT4, CT6 |
| Actividades de evaluación | 100% | 2 | CB9, CT1 |
| Realización de trabajos | 0% | 52 | CE1, CE2, CE4, CE6, CE12, CE13, CB7, CB9, CB10, CG2, CG5, CG8, CT1, CT6, CT7 |
| TOTAL | | 75 | |

Sistemas de evaluación y calificación:

| | | |
|---|-----|-----|
| 1. Realización de trabajos académicamente dirigidos | 40% | 50% |
| 2. Realización de prácticas | 40% | 60% |
| 3. Resolución de problemas | | |
| 4. Pruebas periódicas y/o examen final | | |
| 5. Seguimiento continuado y objetivable de una participación activa | 0% | 20% |

El sistema de calificación será el señalado con carácter general para el máster.

Materia 11. Diseño de Infraestructuras de Altas Prestaciones

Número de Créditos Europeos (ECTS): 3

Carácter: Optativo

Unidad Temporal: Cuatrimestre 2

Resultados del aprendizaje:

El alumno será capaz de diseñar infraestructuras de altas prestaciones teniendo en cuenta el análisis de las necesidades presentes y su posible evolución futura así como los requisitos para plantear un proyecto de diseño de infraestructura en el que se tendrán en cuenta tanto el hardware, como el software como las infraestructuras de soporte.

Contenidos

- Análisis de necesidades y captura de requisitos
- Infraestructura computacional, de comunicaciones, de almacenamiento y de soporte.
- Dimensionamiento de infraestructura
- Proyectos de infraestructura

Competencias

| Competencias de la materia | Relación con las competencias de la titulación | | |
|--|---|----------------------------|----------------------|
| | <i>Específicas</i> | <i>Básicas y generales</i> | <i>Transversales</i> |
| Búsqueda, selección y manejo de recursos sobre nuevas arquitecturas de altas prestaciones | | CB10,CG5 | CT7 |
| Seleccionar la arquitectura más adecuada en función de las características del problema computacional, en base a las distintas características de las arquitecturas estudiadas | CE1,CE2,CE5,CE12 | CB7 | CT4,CT6,CT8 |
| Análisis, comparación y evaluación de diferentes arquitecturas para supercomputación como base para la elaboración de un pliego de condiciones técnicas | CE1,CE2,CE12 | CB7, CB9,CG2 | CT1 |

Requisitos previos: No se establecen

Metodologías docentes:

- Clase teórica: método expositivo/lección magistral
- Aprendizaje basado en problemas (estudio de casos)
- Seminarios y talleres

Actividades formativas y su relación con las competencias:

| | Presencialidad (%) | Número de horas | Relación con las competencias |
|---------------------------|---------------------------|------------------------|---|
| Clases teóricas | 100% | 10 | CE1,CE2,CE5,CE12,CT8 |
| Clases prácticas | 80% | 12 | CE1,CE2,CE5,CE12,CB7, CB10,CG2, CT4,CT6 |
| Tutorías | 100% | 2 | CE1,CE2,CE5,CE12,CB7, CB10,CG2,CG5,CT4,CT6 |
| Actividades de evaluación | 100% | 1 | CB9,CT1 |
| Realización de trabajos | 0% | 50 | CE1,CE2,CE5,CE12, CB7, CB10,CG2,CG5,CT6,CT7 |
| TOTAL | | 75 | |

Sistemas de evaluación y calificación:

| | | |
|---|-----|------|
| 1. Realización de trabajos académicamente dirigidos | 80% | 100% |
| 2. Realización de prácticas | | |
| 3. Resolución de problemas | | |
| 4. Pruebas periódicas y/o examen final | | |
| 5. Seguimiento continuado y objetivable de una participación activa | 0% | 20% |

El sistema de calificación será el señalado con carácter general para el máster.

Materia 12. Optimización automática

Número de Créditos Europeos (ECTS): 3

Carácter: Optativo

Unidad Temporal: Cuatrimestre II

Resultados del aprendizaje:

El alumno comprenderá los aspectos teóricos y prácticos de la construcción de compiladores optimizadores para aprovechar de forma efectiva las arquitecturas modernas. Será capaz de analizar, diseñar e implementar pasadas de compilación para optimizar aspectos diversos del comportamiento software (aprovechamiento de la jerarquía de memoria, de hardware de propósito específico, etc.) utilizando infraestructuras de compilación modernas, en uso en multitud de empresas tecnológicas y centros de supercomputación.

Contenidos

- Representación de código.
- Optimizaciones básicas.
- Optimización de lazos.
- Optimizaciones para el aprovechamiento de la jerarquía de memoria.
- Optimizaciones para la extracción de paralelismo.

Competencias

| Competencias de la materia | Relación con las competencias de la titulación | | |
|---|--|---------------------|---------------|
| | Específicas | Básicas y generales | Transversales |
| Analizar y mejorar el rendimiento de un software dado seleccionando y adaptando las técnicas y herramientas de compilación más adecuadas. | CE1,CE2,CE13 | CB6,CB7,CG1,CG4,CG5 | CT6,CT8 |
| Conocer el funcionamiento de las herramientas de compilación disponibles en sistemas comerciales y entender las técnicas básicas de optimización de código. | CE4,CE6,CE9 | CB8,CB10,CG2,CG6 | CT2 |
| Reconocer oportunidades de uso de técnicas de paralelización automática para arquitecturas emergentes. | CE5,CE6,CE12 | CB6,CB7,CB10,CG8 | CT1,CT8 |

Requisitos previos: No se establecen

Metodologías docentes:

- Clase teórica: método expositivo/lección magistral
- Resolución de ejercicios
- Aprendizaje basado en problemas (estudio de casos)

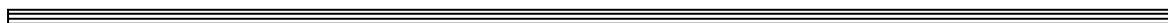
Actividades formativas y su relación con las competencias:

| | Presencialidad (%) | Número de horas | Relación con las competencias |
|---------------------------|---------------------------|------------------------|---|
| Clases teóricas | 45% | 32 | CE1,CE2,CE5,CE6,CE9,CE12,CE13,CB7,CG1,CG2,CT8 |
| Realización de trabajos | 15% | 41 | CE1,CE2,CE4,CE5,CE6,CE9,CE13,CB6,CB7,CB8,CB10,CG1,CG2,CG4,CG5,CG6,CG8,CT1,CT2,CT6,CT8 |
| Actividades de evaluación | 100% | 2 | CT1 |
| TOTAL | | 75 | |

Sistemas de evaluación y calificación:

| | | |
|---|-----|-----|
| 1. Realización de trabajos académicamente dirigidos | 50% | 70% |
| 4. Pruebas periódicas y/o examen final | 20% | 40% |
| 5. Seguimiento continuado y objetivable de una participación activa | 0% | 10% |

El sistema de calificación será el señalado con carácter general para el máster.



Materia 13. Trabajo Fin de Máster

Número de Créditos Europeos (ECTS): 15

Carácter: Obligatorio

Unidad Temporal: Cuatrimestre II

Competencias y resultados del aprendizaje:

El objetivo del trabajo fin de máster es introducir al alumno en un tema de investigación con objetivos concretos y alcanzables en un corto espacio de tiempo y que permitan al alumno introducirse de modo práctico en un trabajo de investigación en alguna de las líneas en las que trabajan los grupos a los que pertenece el equipo docente.

Las principales competencias que adquirirá el alumno una vez superada la materia, y su relación con las competencias de la titulación, serán:

| Competencias de la materia | Relación con las competencias de la titulación | | |
|--|---|--|-------------------------------------|
| | <i>Específicas</i> | <i>Básicas y generales</i> | <i>Transversales</i> |
| Capacidad para diseñar un proyecto de nueva ejecución, incluyendo descripción, planificación, estimación de costes y organización | CE15 | CG2,CG3,C G4, CG5,CG6 | CT1,CT2,CT3, CT4, CT5,CT6,CT8 |
| Aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos relacionados con su área de estudio | | CB6,CB7, CB8,CB10, CG1, CG2,CG3, CG4 | CT3,CT6,CT7, CT8 |
| Capacidad para diseñar y realizar una presentación en público efectiva | | CB9,CG3,C G4, CG8 | CT1,CT2,CT3 |

Requisitos previos: No se establecen

Actividades formativas y su relación con las competencias:

| Actividades formativas de carácter presencial | Número de horas | Relación con las competencias |
|--|------------------------|--|
| Incorporación del alumno y toma de contacto con el tema | 4 | CB7,CG3,CG4,CT1 |
| Trabajo práctico en el laboratorio para conocer las técnicas y herramientas que necesitará usar en el proyecto | 22 | CE15, CB7,CB8,CB9,CG2, CG3,CT3,CG6,CT1, CT2,CT3,CT4,CT5, CT6,CT8 |
| Acometido de la parte del trabajo que se realiza de forma presencial | 75 | CE15, CB7,CB8,CB9,CG2, |

| | | |
|--|------------|---|
| | | CG3,CT3,CG5,CG6, CT1,CT2,CT3,CT4, CT5,CT6,CT8 |
| Sesiones de seguimiento con el director del trabajo | 10 | CE15,CB7,CB8,CB9, CG2,CG3,CT3,CG6,C T1 |
| Presentación y debate de la memoria | 1 | CB9,CG8 |
| <i>TOTAL</i> | <i>112</i> | |
| Actividades formativas de carácter no presencial | | |
| Trabajo personal del alumno: consulta de bibliografía, estudio autónomo, desarrollo de actividades programadas, preparación de presentaciones y trabajos | 263 | CE15,CB6,CB7,CB8, CB9,CB10,CG1,CG2, CG3,CG4,CT3,CG5, CG6, CT1,CT2,CT3,CT4, CT5,CT6,CT7,CT8 |
| <i>TOTAL</i> | <i>263</i> | |
| TOTAL | 375 | |

Acciones de coordinación:

Las señaladas con carácter general para el máster.

Sistemas de evaluación y calificación:

Seguimiento continuado por parte del profesor que dirige el trabajo y visto bueno en la memoria del proyecto realizado.

Evaluación del trabajo por una comisión integrada por profesores especialistas del área.

El sistema de calificación será el señalado con carácter general para el máster.

Descriptores de los contenidos:

- Proyecto de investigación y/o desarrollo en HPC

6. PERSONAL ACADÉMICO

6.1. Profesorado y otros recursos humanos necesarios y disponibles

El equipo docente está compuesto por 32 doctores procedentes en su mayoría de los tres departamentos implicados en el máster, siendo siempre uno de ellos el responsable para cada una de las materias propuestas. Calculando la relación entre los créditos totales que se imparten en el máster (69) y el número de profesores disponibles (32) se deduce que la implicación media por docente es de 2,15 ECTS. Este dato indica que el personal académico disponible es suficiente para cubrir las necesidades docentes del máster.

El departamento de Electrónica y Computación de la USC, al que pertenece todo el profesorado de la USC de este máster, tiene una larga experiencia investigadora en las áreas temáticas del máster. Así, entre los 7 profesores funcionarios y 1 investigador del programa Parga Pondal suman un total de 30 quinquenios y 26 sexenios, y en los últimos cinco años han publicado más de 100 trabajos de investigación en revistas, actas de congresos y libros/capítulos de libro internacionales, y dirigido 9 Tesis Doctorales.

En lo tocante a la experiencia investigadora, el Grupo de Arquitectura de Computadores de la UDC, al que pertenece todo el profesorado del máster en esta universidad, es un grupo de investigación consolidado y muy activo. El grupo completo está compuesto de 15 profesores doctores (de los que 12 estarán involucrados en la docencia del máster) y 18 estudiantes de doctorado. El grupo ha recibido una financiación por proyectos y actividades de I+D de 4.208.533€ en los últimos 5 años. En este período el grupo ha publicado 62 trabajos en revistas de impacto y 97 en congresos internacionales. Además, se han completado en los últimos 5 años 9 tesis doctorales.

En la sede de la Universidad de Málaga, todo el profesorado pertenece al Departamento de Arquitectura de Computadores, que cuenta con 28 doctores, de entre los que un máximo de 12 colaborarán en la docencia de las asignaturas del máster. Todos ellos acreditan una excelente trayectoria investigadora y docente, avalada por un total, entre los 12, de 36 sexenios de investigación y 52 quinquenios. Otro indicador de su productividad investigadora es el de haber recibido más de 8 millones de euros en proyectos y contratos de investigación en los últimos 5 años así como haber publicado casi 90 artículos en revistas indexadas y cerca de 150 publicaciones en congresos internacionales de prestigio, también en los últimos 5 años.

La adecuación de los docentes que han expresado su compromiso en la impartición de la docencia del máster viene garantizada por su experiencia docente previa tanto en estudios de segundo o de tercer ciclo y por la relación existente entre sus líneas de investigación y la temática de las materias que va a impartir en el Máster. También cabe destacar que todos los profesores de la USC y la UDC han formado parte del equipo docente del Máster en Computación de Altas Prestaciones en los últimos cuatro años. En la siguiente tabla se muestra la relación de docentes e indicadores según su vinculación:

| Vinculación | categoría | | | | | | | |
|--------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|-------------|-----------|
| | CU | TU | CD | AD | Otro | Total | Quinquenios | Sexenios |
| <i>USC</i> | 2 | 5 | 0 | 0 | 1 | 8 | 30 | 26 |
| <i>UDC</i> | 2 | 5 | 5 | 0 | 0 | 12 | 30 | 24 |
| <i>UMA</i> | 5 | 7 | 0 | 0 | 0 | 12 | 52 | 36 |
| TOTAL | 9 | 17 | 5 | 0 | 1 | 32 | 112 | 86 |

CU: Catedrático de Universidad **TU:** Profesor Titular de Universidad
CD: Profesor Contratado Doctor **AD:** Profesor Ayudante Doctor

Se dispone por tanto de los siguientes datos:

- Según la formación: todo el profesorado que participa en el Máster es doctor.
- Según categoría académica: 9 catedráticos de universidad, 17 titulares de universidad, 5 contratados doctores y 1 investigador del programa Parga Pondal.
- Según la experiencia investigadora: 86 sexenios.
- Según la experiencia docente: 112 quinquenios.

El relación entre el número de quinquenios y sexenios es de 1,3 quinquenios por cada sexenio, lo que demuestra que el profesorado mantiene una actividad investigadora de calidad y continuada.

Como ya se ha comentado al hablar de la coordinación docente, en el apartado 5 de esta memoria, el número máximo de docentes por materia de 3 ECTS será de 2, mientras que para las de 6 ECTS será de 3. Además, para facilitar la coordinación, en la docencia de cada materia no participarán nunca más de dos universidades. En base tanto a la capacidad docente como a la experiencia del personal docente de cada uno de los grupos implicados, detallado en la tabla anterior, se ha realizado un reparto inicial de las materias y los créditos ECTS del plan de estudios propuesto. Este reparto inicial podrá variar cada curso académico en el momento de realizar la planificación docente anual en cada universidad, siempre bajo supervisión de la Comisión Técnica del Máster.

| Materia | Carácter | Créditos | USC | UDC | UMA |
|--|----------|----------|-----|-----|-----|
| Arquitectura de Altas Prestaciones | Ob | 6 | X | | X |
| Programación Paralela | Ob | 6 | | X | X |
| Computación en la Nube y Big Data | Ob | 6 | X | X | |
| Análisis de Rendimiento y Optimización | Ob | 6 | X | | |
| Arquitecturas Heterogéneas | Ob | 6 | | X | X |
| Aplicaciones de Altas Prestaciones | Ob | 6 | X | | X |
| Redes y Sistemas de Almacenamiento de Altas Prestaciones | Op | 3 | | | X |
| Entornos de desarrollo software | Op | 3 | | | X |

| | | | | | |
|---|----|---|----|----|----|
| Administración de Sistemas de Alta Prestaciones | Op | 3 | | X | |
| Esquemas de Programación Paralela | Op | 3 | | | X |
| Diseño de Infraestructura de Altas Prestaciones | Op | 3 | | X | |
| Optimización Automática | Op | 3 | | X | |
| Créditos Obligatorios | | | 15 | 9 | 12 |
| Créditos Optativos | | | 0 | 9 | 9 |
| Total | | | 15 | 18 | 21 |

Otros recursos humanos

Como personal de apoyo no docente se dispondrá del personal de administración y técnicos de los grupos de investigación a los que pertenecen los miembros del equipo docente.

En cuanto al personal de apoyo contamos actualmente con:

a) Personal de administración y servicios generales de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la USC:

- Un responsable de la Unidad de apoyo de centros y departamentos
- Un responsable de asuntos económicos del centro
- Una Secretaría de decanato
- Un responsable de Administración del Departamento de Electrónica y Computación
- Un Puesto base del centro
- Un puesto de Dirección de biblioteca
- Un puesto de Ayudante de biblioteca
- Auxiliares de archivos, bibliotecas y museos
- Auxiliares de servicios
- Conserjes

b) Personal de administración y servicios generales de la Facultad de Informática de la UDC:

- Diversos responsables de asuntos económicos del centro
- Una Secretaría de decanato
- Un responsable de Administración del Departamento de Electrónica y Sistemas
- Un puesto de Dirección de biblioteca
- Un puesto de Ayudante de biblioteca
- Auxiliares de archivos, bibliotecas y museos
- Auxiliares de servicios
- Conserje

c) Personal de administración y servicios generales de la E.T.S.I. Informática de la UMA:

- Diversos responsables de asuntos económicos del centro
- Una Secretaría de decanato
- Un responsable de Administración del Departamento de Arquitectura de Computadores

- Un puesto de Dirección de biblioteca
- Un puesto de Ayudante de biblioteca
- Auxiliares de archivos, bibliotecas y museos
- Auxiliares de servicios
- Conserjes

d) Técnicos de sistemas informáticos – becarios aula de informática

En la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la USC se cuenta con el apoyo técnico informático del personal de la Red de Aulas de Informática, destinado en el centro. Este apoyo ha sido autorizado por la Comisión Permanente de la Escuela. En este caso, el responsable es Técnico Gestor en Administración de Sistemas y en su labor cuenta con la colaboración de Becarios de las Aulas de Informáticas que permiten atender las incidencias de las aulas en todo momento del horario de apertura.

En la Facultad de Informática de la UDC se cuenta con un analista, varios técnicos informáticos y operadores, así como con un contratado de colaboración en el centro de cálculo de la Facultad.

Adicionalmente, el Centro de Supercomputación de Galicia cuenta con personal técnico y de administración que proporciona el soporte necesario a los alumnos durante las prácticas, así como para asegurar el mantenimiento de los equipos y material disponible para el máster por parte del CESGA. Entre ellos, se encuentran:

Personal técnico:

- 8 Técnicos de Sistemas
- 5 Técnicos de soporte a usuarios y aplicaciones
- 3 Técnicos de Comunicaciones
- 3 Técnicos de e-learning y herramienta colaborativas.

Personal de administración y soporte:

- 2 conserjes
- 2 Secretarías
- 2 Técnicos de Administración

El Supercomputing and Bioinnovation Center, SCBI, de la UMA, cuenta con técnicos de sistemas y de soporte a usuarios, los cuales prestarán servicio a la hora de administrar las cuentas de los alumnos para las prácticas que se realicen en los supercomputadores de este centro. En particular, contamos con:

Personal técnico:

- 2 Técnicos de Sistemas
- 2 Técnicos de soporte a usuarios y aplicaciones

Personal de administración y soporte:

- 2 Conserjes
- 2 Secretarías

- 2 Técnicos de Administración

Al igual que se indicó para el personal académico, consideramos que el personal de apoyo con el que se cuenta es suficiente para cubrir las necesidades del máster.

Mecanismos de que se dispone para asegurar la igualdad entre hombres y mujeres y la no discriminación de personas con discapacidad:

El acceso del profesorado a la Universidad se rige por:

- 1) En la USC, la “Normativa por la que se regula la selección de personal docente contratado e interino de la Universidade de Santiago de Compostela”, aprobada por Consello de Goberno de 17 de febrero de 2005, modificada el 10 de mayo del 2007 para su adaptación a la Ley Orgánica 4/2007, de 12 de abril, para el caso de personal contratado, y la “Normativa por la que se regulan los concursos de acceso a cuerpos de funcionarios docentes universitarios”, aprobada por Consello de Goberno de 20 de diciembre de 2004, que se pueden consultar en: <http://www.usc.es/es/normativa/profesorado/>
- 2) En la UDC, la “Normativa por la que se regula el procedimiento para la selección del personal docente e investigador interino y laboral contratado” (Aprobada por el Consello de Goberno de 28 de mayo de 2004 y modificada en las sesiones del 9 de marzo y 28 de junio de 2007), y la “Normativa que regula los concursos de acceso a cuerpos de funcionarios docentes universitarios” (Aprobada en Consello de Goberno de 29 de abril de 2005), que se pueden consultar en: <https://www.udc.gal/normativa/profesorado/>
- 3) En la UMA, el “Reglamento que regula el procedimiento de los concursos de acceso a Cuerpos Docentes Universitarios de la Universidad de Málaga” y el “Reglamento que regula la contratación mediante concurso público de Personal Docente e Investigador en la Universidad de Málaga”, y el “Reglamento que regula la sustitución del profesorado en la Universidad de Málaga y la contratación de Profesores Sustitutos Interinos”, que se pueden consultar en: <http://www.uma.es/personal-docente-e-investigador/cms/menu/seleccion-pdi/normativa-reguladora-concursos/>

Estas normativas garantizan los principios de igualdad, mérito y capacidad que deben regir los procesos de selección de personal al servicio de las Administraciones Públicas.

Además, en lo referente a la igualdad entre hombres y mujeres, la USC, a través del Vicerrectorado de Calidad y Planificación está elaborando un Plan de Igualdad entre mujeres y hombres que incorpora diversas acciones en relación a la presencia de mujeres y hombres en la USC, de acuerdo con lo establecido en la Ley Orgánica 3/2007 de 22 de marzo para la igualdad efectiva de mujeres y hombres. La información sobre este plan de igualdad se puede consultar en la siguiente dirección: <http://www.usc.es/es/servizos/oix>.

La normativa de la Universidade da Coruña considera en sus estatutos la legalidad vigente y respeta la igualdad entre hombres y mujeres y la igualdad de oportunidades, no discriminación y accesibilidad universal para personas con discapacidad, para lo que dispone, incluso, de una Unidad de Atención a la Diversidad (ADI) integrada en el

Centro Universitario de Formación e Innovación Educativa (CUFIE) para atender a los miembros de la comunidad universitaria (www.udc.es/cufie/uadi/index.htm). La ADI está dirigida a la comunidad universitaria con necesidades especiales derivadas de la discapacidad o de otras formas de diferencia (género, orientación sexual, identidad étnica, aspecto físico, origen socio-económico o edad avanzada) frente a la población mayoritaria: profesorado, aunque también alumnado y personal de administración y servicios.

La Universidad de Málaga, a través su Vicerrectorado de Bienestar Social e Igualdad, cuenta con una oficina dirigida a la atención de sus estudiantes con discapacidad, el Servicio de Apoyo al Alumnado con Discapacidad (SAAD <http://www.uma.es/ficha.php?id=49996>). Considerando a la discapacidad una diferencia que aporta distinción y enriquecimiento en la Universidad, la atención a las necesidades educativas de los estudiantes con discapacidad, es un reconocimiento de los valores de la persona y de su derecho a la educación y formación superiores. El SAAD se dirige a orientar y atender a las personas con discapacidad, con un porcentaje de minusvalía similar o superior al 33%, que deseen ingresar o estén matriculados en la Universidad de Málaga, tratando de compensar y dar respuesta a las necesidades especiales que presenten derivadas de su discapacidad.

7. RECURSOS MATERIALES Y SERVICIOS

7.1. Justificación de la adecuación de los medios materiales y servicios disponibles

Los recursos materiales serán aportados por los departamentos que impartirán el máster, junto con el CESGA y el SCBI, y que son básicamente:

- Un aula en el Departamento de Electrónica y Computación (USC).
- Un aula en el Departamento de Electrónica y Sistemas (UDC).
- Un aula en el Departamento de Arquitectura de Computadores (UMA)
- Equipamiento de videoconferencia entre las aulas anteriormente citadas.
- Laboratorios de investigación de los grupos a los que pertenece el equipo docente.
- Equipamiento de investigación de los grupos de investigación.
- Las infraestructuras y colaboración del CESGA y del SCBI, que incluyen:
 - Supercomputador Finis Terrae en el CESGA
 - Supercomputador SVG en el CESGA
 - Infraestructura Cloud en el CESGA
 - Supercomputador Picasso en el SCBI
 - Cluster Intel E5-2670 (768 cores) en el SCBI
 - Cluster AMD Opteron 6176 (984 cores) en el SCBI
 - Un conjunto de servidores específicamente disponibles para el máster y cedidos por empresas proveedoras de recursos de cálculo.
 - Infraestructura del CESGA y del SCBI para alojar un gran centro de datos.
 - Servidores de información
 - Plataformas de e-learning
 - 1 aula colaborativa con facilidades Access Grid y videoconferencia en el CESGA
 - 1 Aula de Docencia Avanzada (ADA) con certificación Access Grid en la UMA
- La colaboración de las empresas HP España, BULL, Fujitsu aportada en base a convenios de colaboración con cada una de ellas.
- Las facilidades de los campus virtuales de la USC, la UDC y la UMA, y en especial de la plataforma AulaCesga del CESGA.
- Bibliotecas y acceso a las bases de datos de la USC, de la UDC y de la UMA

Se adjunta el convenio que ha regulado en los años anteriores la participación del CESGA en el desarrollo de las actividades formativas del anterior Máster en Computación de Altas Prestaciones. Si esta nueva propuesta se verifica, se firmarán nuevos convenios con el CESGA y SCBI que regulen su participación.

También se adjuntan los convenios con las empresas Bull, HP España y Fujitsu que han colaborado activamente en el desarrollo del anterior Máster en Computación de Altas

Prestaciones. De nuevo, estos convenios se volverán a firmar en el marco de la nueva propuesta de máster, si este se verifica.

Los medios anteriormente mencionados son suficientes para desarrollar la docencia en el máster con garantías de éxito, ya que suponen en su conjunto una infraestructura de última generación que de hecho está siendo utilizada en la investigación de los grupos de los dos departamentos. Todos los medios citados son accesibles para las personas con problemas de movilidad al estar los edificios dotados de rampas y elevadores.

Al ser un máster interuniversitario es de gran importancia establecer mecanismos de comunicación eficientes. Esta faceta en términos de infraestructuras, queda convenientemente cubierta por las facilidades de los campus virtuales y de los equipos de videoconferencia disponibles.

Mecanismos para garantizar la revisión y el mantenimiento:

Los mecanismos para garantizar la revisión, el mantenimiento y la actualización de los materiales en la Universidad son responsabilidad de los equipos rectorales y de los equipos de dirección de cada centro. Las universidades participantes en este Máster disponen de servicios de mantenimiento cuyo objetivo es mantener en perfecto estado las instalaciones y los servicios existentes en cada uno de los Centros. Este servicio de mantenimiento se presta en tres vías fundamentales:

- Mantenimiento Preventivo
- Mantenimiento Correctivo
- Mantenimiento Técnico-Legal

La USC cuenta con los siguientes servicios técnicos de mantenimiento y reparación, bajo responsabilidad del vicerrectorado con competencias en materia de infraestructuras:

- Infraestructuras materiales:
 - Oficina de arquitectura y urbanismo
(<http://www.usc.es/es/servizos/oau>)
 - Oficina de gestión de infraestructuras
(<http://www.usc.es/es/servizos/oxi>)
 - Servicio de medios audiovisuales
(<http://www.usc.es/es/servizos/servimav>)
 - Servicio de prevención de riesgos laborales
(<http://www.usc.es/es/servizos/sprl>)
- Recursos informáticos:
 - Área de TIC
(<http://www.usc.es/es/servizos/atic>)
 - Centro de tecnologías para el aprendizaje
(<http://www.usc.es/ceta/>)

- Red de aulas de informática
(<http://www.usc.es/es/servizos/atic/rai>)

La UDC cuenta por su parte con los siguientes servicios:

- Servicio de Arquitectura, Urbanismo y Equipamientos
(<http://www.udc.es/servizos/es/Servicio.asp?Servicio=904>)
- Servicio de Informática y Comunicaciones
(<http://www.udc.es/servizos/ga/Servicio.asp?Servicio=931>)
- Servicio de Recursos Audiovisuales
(<http://www.udc.es/recav/>)
- Servicio de prevención de riesgos laborales
(<http://www.udc.es/xerencia/ga/prevencionriscoslaborais/>)

En la UMA el responsable en materia de infraestructuras es el Vicerrectorado de Campus y Sostenibilidad (<http://www.uma.es/ficha.php?id=556>). Además, se cuenta con:

- Servicio Central de Informática
(SCI: <http://www.uma.es/servicio-central-de-informatica/>)
- Servicio de Prevención de Riesgos Laborales
(<http://www.uma.es/prevencion/>)

7.2. Previsión de adquisición de recursos materiales y servicios necesarios

Para la impartición de las primeras ediciones del máster no se prevé la adquisición de recursos, pero en futuras ediciones se abordará la necesidad de actualización de los recursos disponibles. La actualización de los equipos se prevé que se realice con una periodicidad de cinco o seis años, que se corresponde con las necesidades de actualización de los equipos informáticos y de comunicación según la evolución del mercado actual. En particular, los recursos que precisarán actualizaciones son:

- Los equipos de investigación de los grupos, que se renuevan con los recursos de investigación de dichos grupos con una periodicidad suficiente. No se prevé una modificación específica en dicho ritmo de renovación a consecuencia de las necesidades específicas del máster.
- Los equipos de videoconferencia presentan una funcionalidad suficiente y no se prevé una actualización.

8. RESULTADOS PREVISTOS

8.1. Valores cuantitativos estimados para los indicadores y su justificación

Se prevé una tasa de graduación de titulados del máster por parte de los alumnos del 80% en base a la experiencia en el Máster en Computación de Altas Prestaciones que hasta ahora se venía impartiendo entre dos de los departamentos implicados en esta solicitud (que es de ese orden de magnitud), en la experiencia del equipo docente, y en el perfil del alumno que se prevé que curse el máster. También se ha tenido en cuenta que un cierto número de alumnos lo sean a tiempo parcial. En función de esta información, se prevé una tasa de rendimiento del 80%, una tasa de eficiencia en torno al 85% y una tasa de abandono del orden del 15%.

En concreto, la siguiente tabla contiene el número de matriculados, matriculados por primera vez y egresados, en el Máster en Computación de Altas Prestaciones al que pretende sustituir esta nueva propuesta:

| Curso | Matrículas totales | Primera matrícula | Matrícula a tiempo parcial | Egresados |
|-----------|--------------------|-------------------|----------------------------|-----------|
| 2010/2011 | 15 | 15 | 4 | 9 |
| 2011/2012 | 21 | 15 | 6 | 13 |
| 2012/2013 | 27 | 20 | 8 | 6 |
| 2013/2014 | 35 | 20 | 6 | - |

La siguiente tabla muestra, para los cursos anteriores, los indicadores de éxito y eficiencia para el global de las materias del Máster en Computación de Altas Prestaciones verificado en 2010, excluyendo el curso 2013/14 que todavía no ha concluido:

| Indicador | curso 2010/2011 | curso 2011/2012 | curso 2012/2013 |
|-------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| tasa de rendimiento | 90,51% | 92,65% | 83,27% |
| tasa de abandono | - | - | 4% |
| tasa de eficiencia de los graduados | 100% | 100% | 96,78% |
| tasa de graduación | 81,81% | 82,35% | 83,33% |
| tasa de éxito | 99,13% | 99,60% | 97,82% |

8.2. Progreso y resultados de aprendizaje

Se usarán los procedimientos generales de las Universidades de Santiago, A Coruña y Málaga, para valorar el progreso de los resultados de aprendizaje de los alumnos. De forma más específica, se usarán los procedimientos “PM-01 Medición, Análisis y Mejora”, y “PM-02 Revisión de la eficacia y mejora del título”, del SGIC de la USC, universidad coordinadora de la titulación.

En particular, tanto la USC como la UDC y la UMA, evalúan el rendimiento general de los estudiantes de sus titulaciones oficiales principalmente a través de seis indicadores:

- Tasa de rendimiento: porcentaje de créditos superados respecto de los matriculados.
- Tasa de éxito: porcentaje de créditos superados respecto de los presentados.
- Tasa de eficiencia: relación entre el número de créditos superados y el número de créditos de que se tuvieron que matricular, al lo largo de los estudios, para superarlos.
- Tasa de abandono: porcentaje de estudiantes que no se matricularon en los dos últimos cursos.
- Duración media de los estudios: media de los años empleados en titularse.
- Tasa de titulación: porcentaje de estudiantes que acaban la titulación en los años establecidos en el plan.

La Comisión Técnica del Título, órgano de representación de todos los agentes que intervienen en la organización de este máster interuniversitario, será la encargada de elaborar anualmente un informe de resultados y reflexión, entre otros aspectos, del progreso de los estudiantes en el logro de los resultados de aprendizaje previstos en la titulación. Se tendrá en cuenta para elaborar este informe el análisis y la valoración de los resultados de las calificaciones de los alumnos por materias, tasas de éxito, fracaso, abandono y duración media de la titulación. Este procedimiento ya se venía utilizando en el Máster en Computación de Altas Prestaciones que se extinguirá si se verifica esta nueva propuesta. Los informes anuales se hacen finalmente públicos a través de la web de la titulación.

Entre otros, los resultados que serán objeto de medición y análisis son:

- Resultados del programa formativo: Grado de cumplimiento de la programación, modificaciones significativas realizadas, etc.
- Resultados del aprendizaje. Miden el cumplimiento de los objetivos de aprendizaje de los estudiantes. Se calcula el resultado obtenido en la Titulación en los últimos cuatro cursos, y una comparación entre el valor obtenido en el último curso, la media de los centros donde está implantada la titulación, y la media del conjunto de cada una de las universidades.
 - Tasa de graduación.
 - Tasa de eficiencia.
 - Tasa de éxito.
 - Tasa de abandono.
 - Tasa de rendimiento.

- Media de alumnos por grupo.
- Resultados de la inserción laboral.
- Resultados de los recursos humanos.
- Resultados de los recursos materiales y servicios
- Resultados de la retroalimentación de los grupos de interés (medidas de percepción y análisis de incidencias).
- Resultados de la mejora del SGIC.

Asimismo, en relación al análisis de resultados las propuestas de mejora se realizan a dos niveles:

- A nivel de Titulación: la Comisión Técnica, a partir de la elaboración del anterior informe, realiza un análisis para evaluar el grado de consecución de los resultados planificados y objetivos asociados a cada uno de los indicadores definidos para evaluar la eficacia del Título. Como consecuencia de este análisis, propone acciones correctivas/preventivas o de mejora en función de los resultados obtenidos. Este análisis y la propuesta de acciones se plasman en la Memoria de Seguimiento del Título que se realiza cada año.
- A nivel de Centro: En la Comisión de Calidad de cada uno de los centros donde se imparte el máster se expone la Memoria de Seguimiento del Título que incluye el análisis y las propuestas de mejoras identificadas por la Comisión Técnica. A partir de las propuestas de mejora recogidas en la/s Memoria/s de Seguimiento del Título para cada Título, la Comisión de Calidad cada uno de los centros elabora la propuesta para la planificación anual de calidad en ese centro.

9. SISTEMA DE GARANTÍA DE CALIDAD DEL TÍTULO

El sistema de garantía de la calidad aplicable al máster, seguirá las líneas generales marcadas por el Sistema de Garantía Interna de Calidad (SGIC) de la Universidad de Santiago de Compostela.

10. CALENDARIO DE IMPLANTACIÓN

10.1. Cronograma de implantación de la titulación

Al ser un máster de un curso único académico no tiene sentido realizar una implantación progresiva. El curso de implantación será el 2015/16.

| Curso académico | 2014/2015 | 2015/2016 | 2016/2017 | 2017/2018 |
|---|---|---|--|---|
| Nuevo título: Máster en Computación de Altas Prestaciones por la USC, UDC y UMA | | Implantación de la docencia en el nuevo título | Docencia en el nuevo título | Docencia en el nuevo título |
| Título a extinguir: Máster en Computación de Altas Prestaciones por la USC y UDC | Último año de admisión, matrícula y docencia | Coexisten tutorías y exámenes | Coexisten tutorías y exámenes | Título antiguo completamen te extinguido |

10.2. Procedimiento de adaptación de los estudiantes al nuevo plan de estudios

Con carácter general los procedimientos de adaptación de los estudios existentes al nuevo máster serán los que determinen la USC, la UDC y la UMA.

Para los alumnos que procedan del Máster en Computación de Altas Prestaciones por la USC y la UDC se podrán adaptar hasta 33 créditos correspondientes a cursos o materias del plan antiguo, según la tabla de equivalencias siguiente:

| MATERIAS PLAN ANTIGUO | MATERIA PLAN NUEVO |
|--|--|
| Arquitectura y Tecnología de Computadores Arquitectura y Tecnología de Supercomputadores | Arquitecturas de Altas Prestaciones |
| Programación Paralela | Programación Paralela |
| Técnicas de Optimización y Paralelización Depuración de Programas y Análisis de Rendimiento | Análisis de Rendimiento y Optimización |
| Computación Científica y Simulación de Altas Prestaciones | Aplicaciones de Altas Prestaciones |
| Software de Base | Entornos de Desarrollo Software |
| Administración de Sistemas I Administración de Sistemas II | Administración de Sistemas de Altas Prestaciones |
| Administración de Infraestructuras de Supercomputación | Diseño de Infraestructuras de Altas Prestaciones |

La adaptación de asignaturas del plan actual al nuevo máster, ya sean de carácter obligatorio u optativo, será estudiada en cada caso particular por la Comisión Técnica, tomando como punto de partida la tabla de adaptación. En todo caso, el procedimiento no contempla contabilizar dos o más veces una misma asignatura del plan actual para su adaptación a diferentes materias del máster, salvo cuando el número de créditos en el plan antiguo recomiende su división para su adaptación de varias asignaturas. En aquellas asignaturas para las que se solicita adaptación y no figuran en la presente tabla, se regirá dicha adaptación bajo el criterio de competencias cubiertas en las asignaturas y adecuación de la carga de créditos.

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

La implantación del Máster en Computación de Altas Prestaciones por la USC, por la UDC y por la UMA, sustituirá al Máster en Computación de Altas Prestaciones por la USC y por la UDC.