

## 2. JUSTIFICACIÓN

### 2.1. Justificación del título propuesto

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.

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. El CESGA está realizando un esfuerzo para arrancar, con el apoyo del CSIC y la Xunta de Galicia, un centro de investigación en Ciencia Computacional. Dicho centro tendrá líneas de investigación en Computación de Altas Prestaciones (tanto arquitecturas de computadores, como herramientas, compiladores o nuevos algoritmos) así como su aplicación a las áreas de Nanotecnología, Ciencias de la Vida, Ciencias del Mar y Energía. Dichas áreas han sido seleccionadas por su relación con otros centros de excelencia en la euro región que necesitarán herramientas computacionales (y en algunos casos, infraestructuras propias) para realizar su investigación. En el centro propuesto por el CESGA está previsto incorporar un número importante de investigadores en las áreas relacionadas con el Master.

Por otra parte, existe también una gran demanda de profesionales, tanto en el CESGA como en centros de computación similares, 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. Actualmente en España existen más de diez centros de computación con este tipo de necesidades, sin contar con las áreas de cálculo de las universidades, que requieren este tipo de perfil. De hecho, el CESGA como Infraestructura Científico-Técnica Singular necesitará incorporar en el futuro cercano técnicos con ese perfil que permitan el crecimiento de la infraestructura al ritmo necesario para mantener su competitividad internacional.

Por último, es importante resaltar 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.

En la comunidad gallega no existe, actualmente, ninguna titulación universitaria con una especialización en computación de altas prestaciones. Lo más próximo a esta especialización es la orientación de “Sistemas de Información” en el actual Máster Interuniversitario en Tecnologías de la Información (por la USC y la UDC), con un número muy limitado de materias relacionadas con la computación 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.

## **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 de aquellas universidades que han finalizado sus propuestas o las tienen muy avanzadas (Universidad Politécnica de Madrid, Universidad Carlos III de Madrid, Universidade de Santiago de Compostela,...).

Se ha observado el incipiente 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, etc.). 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 en Tecnologías de la Información por la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), de dos cursos (120 ECTS) que ofrece una especialidad en Supercomputación (<http://www.fib.upc.edu/en/masters/mti/super.html>);
- el Máster en Computación Paralela y Distribuida por la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), 90 créditos (<http://www.upv.es/entidades/MCPD/>); y
- el Máster en Computación de Altas Prestaciones por la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), de 60 créditos (<http://www.uab.es/servlet/Satellite/estudiar/masteres-oficiales/informacion-general/computacion-de-altas-prestaciones-1096480309770.html?param1=1096482867183>).

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.tchpc.tcd.ie/business/training/mschpc.php>). 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 tres 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 2009 la comisión redactora del Plan de Estudios del Máster se ha reunido un total de nueve veces.

Por otra parte, todos los miembros del equipo docente han colaborado en la elaboración de los contenidos de este plan de estudios.

#### **Consultas Externas**

Durante los días 16, 17 y 18 de septiembre de 2009, el Departamento de Electrónica y Sistemas ha organizado en la Facultad de Informática de la UDC las XX 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. En esta edición el programa de las Jornadas incluía dos mesas redondas: la primera de ellas sobre cómo trasladar las fichas del Grado y Master en Informática a los nuevos planes de estudio, y la segunda sobre la transferencia de conocimiento universidad-empresa. La asistencia a las mesas redondas de ponentes con experiencia en estos temas, así como la asistencia al congreso de profesores de reconocido prestigio en el área, nos ha brindado la oportunidad de debatir con ellos aspectos relacionados con la planificación de este máster, y recibir sugerencias que han contribuido a la redacción de este Plan de Estudios. Se adjuntan las cartas de apoyo de D. José Duato Marín y D. Emilio Luque Fadón, ambos Catedráticos de Universidad en el área de Arquitectura y Tecnología de Computadores y promotores de dos de los másteres usados como referentes en la elaboración de este plan de estudios; y la carta de apoyo de D. Francisco Tirado Fernández, también Catedrático de Universidad por el área de Arquitectura y Tecnología de Computadores y actualmente presidente de SARTECO (Sociedad de Arquitectura de Computadores).

También se han realizado consultas con la empresa HP España, con la que se firmará un convenio de colaboración específico. Se incluye como anexo una carta de interés y apoyo de dicha empresa.

Finalmente, se han utilizado respuestas a encuestas de los alumnos del programa de doctorado previo, así como a sus egresados, muchos de ellos actualmente realizando su tesis doctoral, y doctores.