



## El Centro de Supercomputación de Galicia (CESGA)

Enrique Macías Virgós

Instituto de Matemáticas

Universidad de Santiago de Compostela

e-mail: [xtquique@usc.es](mailto:xtquique@usc.es)

página web: <http://www.usc.es/imat/quique>

### Introducción

Un edificio funcional, en el campus sur de Santiago de Compostela, albergará desde el próximo año un superordenador cuyo consumo eléctrico será de un millón de vatios. En ese mismo edificio, ubicado en una discreta calle densamente arbolada con plátanos, se encuentra el nodo donde cien mil usuarios, entre profesores, estudiantes y científicos, intercambian comunicaciones a través de una red que pronto tendrá un ancho de banda de 10.000 megabits por segundo. Y los ordenadores de ese edificio participaron en la elaboración de las imágenes tridimensionales de *El bosque animado*, la primera película europea de animación completamente generada por ordenador, que ganó dos premios Goya en 2002.

Desde 1993, el Centro de Supercomputación de Galicia (CESGA) se ha convertido en una de las instalaciones de sus características más importantes de Europa, proporcionando servicios de cálculo y comunicaciones a la comunidad científica y a la industria. Hoy tiene instalados seis superordenadores, lo que supone una capacidad de cálculo de 2 billones de operaciones por segundo, y su sistema de almacenamiento masivo de datos sobrepasa los 137 millones de megas. Desde su creación se han realizado simulaciones que superan los 5 millones de horas de cálculo.

Los investigadores pueden también conectarse a los recursos que el CESGA ofrece en campos tan dispares como la visualización científica, las bases de datos, la tele-medicina o la enseñanza a distancia. Sólo en los últimos seis años, el CESGA ha participado en más de cien proyectos (de ellos 24 europeos), con una financiación total de más de 17 millones de euros.

En este artículo damos una visión, necesariamente incompleta, de esta joya de nuestra infraestructura científica. Los lectores interesados podrán encontrar mucha más información sobre las actividades de este Centro en la revista trimestral *Díxitos* que el CESGA edita, en papel y en formato electrónico, y en su excelente anuario [D]. También vale la pena acceder a su página web [C].

### Descripción

#### CESGA

El Centro de Supercomputación de Galicia (CESGA) es un centro de cálculo intensivo, comunicaciones de altas prestaciones y servicios avanzados, inaugurado en 1993. En la Sociedad Anónima de Gestión SAX CESGA participan la Xunta de Galicia con un 70% del capital, y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) con el 30% restante. Desde 2001 existe también la Fundación CESGA, que es una institución sin ánimo de lucro creada para contribuir a la innovación tecnológica en las empresas.

El CESGA ocupa un edificio de casi 2.000 metros cuadrados en el campus sur de Santiago de Compostela. El edificio, obra del arquitecto Gabriel Santos Zas, fue construido en 1992, en terrenos cedidos por el CSIC, y diseñado específicamente para ser ocupado por un centro de supercomputación y comunicaciones. Tiene una plantilla de unas 50 personas, contando directivos, doctores, ingenieros y licenciados, técnicos y administrativos.

Su director-gerente desde 1998 es Javier García Tobío. Anteriormente había ocupado ese puesto Juan Casares Long. Los dos órganos de gobierno del CESGA (consejo de administración de la SAX y patronato de la Fundación) están presididos por Salustiano Mato de la Iglesia, director general de I+D+i de la Xunta de Galicia, actuando como

vicepresidente José Manuel Fernández de Labastida, vicepresidente de Investigación Científica y Tecnológica del CSIC.

## Estado tecnológico de la supercomputación

Para entender el funcionamiento de un centro como el CESGA debemos recordar algunas ideas básicas de la supercomputación.

Prefijos		Potencia de 2	Potencia aproximada de 10	
kilo	K	$2^{10} = 1024$	$10^3 = 1000$	mil
mega	M	$2^{20}$	$10^6$	millón
giga	G	$2^{30}$	$10^9$	mil millones
tera	T	$2^{40}$	$10^{12}$	billón
peta	P	$2^{50}$	$10^{15}$	mil billones

Prefijos usados para medir capacidad de memoria (bytes), frecuencia (hertz), velocidad de cálculo (flops) o velocidad de transmisión (bits/seg).

En los últimos años, con la incorporación de ordenadores de bajo coste, se ha ido abandonando la fabricación de ordenadores vectoriales por poco competitiva, y la tendencia actual es que los procesadores de los ordenadores personales incorporen una unidad capaz de realizar algunos cálculos vectoriales, que se comercializa con el nombre de *instrucciones multimedia*.

En un procesador con tecnología *vectorial*, típica del cálculo científico de los años 80 y 90, la *CPU* (*unidad central de proceso*) del superordenador ejecuta operaciones matemáticas sobre múltiples datos de forma simultánea.

En cambio, un procesador *escalar* realiza una única instrucción en cada ciclo de reloj; los nuevos servidores tienen procesadores superescalares, unidos por redes de comunicaciones de gran ancho de banda y baja latencia (tiempo de transmisión), y sólo son capaces de ejecutar más de una instrucción simultánea si las instrucciones no presentan ningún tipo de dependencia (código paralelizable).

Aunque el procesador escalar es más sencillo y versátil, la gestión del sistema es más compleja, lo que hace que su rendimiento sea inferior al vectorial (una eficiencia aproximada del 10% frente a más de un 70% de los vectoriales), obligando a conectar miles de *CPUs*. Esto provoca a su vez un crecimiento desproporcionado del consumo eléctrico y hace necesario mejorar los mecanismos de dispersión del calor generado. Para poner un ejemplo, el supercomputador FINISTERRAE que va a instalar el CESGA el próximo año tendrá una potencia de 1 Megavatio, equivalente al consumo de 400-900 hogares.

En estas agregaciones de *CPUs* hay dos arquitecturas posibles: la de *memoria compartida*, en la que todos los procesadores del superordenador comparten la misma memoria; y la de *memoria distribuida*, en donde cada *CPU* accede a su memoria local y la comparte mediante una comunicación proceso a proceso, a través de una red de interconexión externa.

Los sistemas operativos imperantes son Linux y UNIX.

Desde el punto de vista del *hardware*, las principales líneas de desarrollo son: la gestión de grandes grupos de *CPUs* (hasta decenas de miles); la gestión del consumo eléctrico; la incorporación de nuevos componentes de cálculo, además de la *CPU* (como procesadores específicos o *FPGA*, *field programmable gate array*); y la mejora del rendimiento de las memorias *RAM* y el acceso a disco.

## Grid

Se trabaja intensamente en el objetivo de compartir recursos a través de las tecnologías denominadas *grid*, que están sustituyendo a los llamados *cluster*.

*Grid* es un tipo de sistema paralelo y distribuido que permite compartir, seleccionar y agregar dinámicamente recursos autónomos que están dispersos geográficamente, en función de su disponibilidad, capacidad, rendimiento, coste o de las necesidades de los usuarios.

La diferencia fundamental entre *clusters* y *grids* está en la manera en que se gestionan los recursos. En un *cluster* la distribución de recursos se lleva a cabo centralizadamente desde un nodo director, y todos los nodos trabajan juntos como si fuesen un solo recurso unificado. En cambio, en un *grid* los recursos no están administrados de manera centralizada, sino que funcionan de manera análoga a la red eléctrica, integrando y conectando ordenadores de alto rendimiento con distintas arquitecturas a través de la red, y reasignando los servicios en función de los picos de actividad.





Vista aérea del edificio del CESGA.

No obstante, el reparto efectivo y transparente de recursos es un problema todavía no resuelto completamente en aspectos como seguridad, gestión, tolerancia a fallos, escalabilidad y calidad del servicio.

Desde el punto de vista del almacenamiento de datos, el principal problema está en la ingente cantidad de datos que es necesario transmitir, analizar y almacenar. Piénsese por ejemplo en los varios Petabytes por año que va a generar el *LHC (Large Hadron Collider)* del CERN, o el Terabyte por año que produce un telescopio como el *Hubble*.

## Equipamiento

La primera adquisición del CESGA fue un superordenador vectorial Fujitsu VP 2400, que estuvo en servicio hasta 1998, fecha en la que fue sustituido por un Fujitsu VPP300E/6 (tecnología paralelo-vectorial) y un AP3000 (paralelo-escalar de memoria distribuida). Estos dos equipos fueron retirados en 2003, cuando se compró el superordenador HP Superdome de Hewlett Packard.

Anteriormente, en 1999, se había puesto en servicio un servidor de cálculo HPC 4500 de SUN (con arquitectura SMP) que se retiró en 2005 debido a su obsolescencia tecnológica; en 2001 se instaló el SVG (Superordenador Virtual Gallego), que fue ampliado en 2004; y en 2002 se aumentó la capacidad de cálculo al incorporar un HPC 320 y un *cluster* Beowulf de Compaq.

En la actualidad, el CESGA dispone de servidores de cálculo con diferentes arquitecturas para permitir a los investigadores elegir la que mejor se adecúe a sus necesidades. Los ordenadores más destacados son:

**HP SUPERDOME:** es un *cluster* formado por dos servidores HP con un total de 128 procesadores a 1.5 GigaHertz. Es el sistema utilizado por los usuarios con mayor demanda computacional, al que envían trabajos paralelizados. En total el sistema dispone de 384 Gigabytes de memoria y 4.6 Terabytes para almacenamiento temporal repartidos en 128 discos SCSI (además de otros 16 discos para el sistema operativo, que ocupa 1 Terabyte). El sistema puede llegar a un rendimiento de 768 Gigaflops (recordemos que el Gigaflops es una unidad de medida de velocidad en una computadora, que equivale a mil millones de operaciones de coma flotante por segundo).

**HPC 320:** este sistema está integrado por ocho servidores que forman un total de 32 *CPUs* a 1 GigaHertz, con rendimientos de hasta 64 Gigaflops. Al igual que el sistema anterior se trata de una máquina diseñada para solucionar un reducido número de problemas, pero de grandes dimensiones, en un tiempo limitado (*HPC* significa *High Performance Computing*). La memoria total es de 80 Gigabytes y el espacio en disco de 2 Terabytes. Los ocho nodos están interconectados mediante una red de alto ancho de banda (200 Megabytes por segundo) y una latencia inferior a 2 microsegundos.

**SVG-DELL:** el *Superordenador Virtual Gallego* está formado por unos 100 PCs y servidores interconectados, con procesadores de distintos tipos. Los usuarios lo utilizan para la ejecución de trabajos secuenciales con necesidades de cálculo relativamente bajas. Este tipo de arquitectura *HTC (High Throughput Computing)* es idóneo para procesos repetitivos como algoritmia genética o renderización de imágenes. Las máquinas del SVG están situadas en diferentes centros de Galicia, y mediante un sistema de monitorización se aprovecha su capacidad de cálculo y recursos durante el tiempo en que no son utilizadas por sus propietarios. Para ello se usa tecnología *grid*, que, como ya hemos dicho, es un entorno de supercomputación que permite resolver problemas más complejos que los que se podrían abordar con los recursos de cada centro por separado.

La llamada "sala de máquinas", donde se ubican los superordenadores y el nodo central de la red, está especialmente acondicionada, con suelo flotante, aire acondicionado, sistemas de alimentación ininterrumpida, generadores de emergencia, y un sofisticado sistema de seguridad. El sistema automático contraincendios es por gases inertes, que desplazan el oxígeno impidiendo la combustión.



HP Integrity Superdome.

El CESGA ofrece además servicios de almacenamiento masivo de datos y copias de seguridad. Para ello cuenta con un sistema de almacenamiento paralelo de 12.000 Gigabytes para el procesado de información, dos cabinas de almacenamiento en disco de alto rendimiento y fiabilidad EVA 3000 con

una capacidad de 16.000 Gigabytes en 112 discos, un sistema de almacenamiento en disco de bajo coste para copias de seguridad *on-line* con 5.700 Gigabytes y un sistema robotizado de cintas con 574 cartuchos de cinta. La capacidad total de almacenamiento ofrecida supera los 43.000 Gigabytes en disco y 95.000 Gigabytes en cintas robotizadas.

## Usuarios

Las tres universidades gallegas representan el 85,5% del consumo de horas en el CESGA, correspondiendo el resto al CSIC. Los usuarios más activos pertenecen a las áreas de modelización bioquímica (que ocupa más del 50% del consumo de horas de cálculo), física de partículas y aplicada (la física supone un 31%), química fundamental, orgánica, inorgánica y médica, métodos numéricos de matemática aplicada, computación, estructura de la materia, ciencias de la tierra, y tecnologías de la información y las comunicaciones.

El CESGA aloja también servidores dedicados a proyectos específicos, por ejemplo *Meteogalicia*, que cuenta con un servidor SUN para investigación meteorológica y climática.

## Comunicaciones

### RECETGA

La red de comunicaciones de ciencia y tecnología de Galicia (RECETGA) permite acceder al CESGA desde los siete campus universitarios gallegos (A Coruña, Ferrol, Lugo, Ourense, Pontevedra, Santiago y Vigo) y los dos (Braga, Guimarães) de la Universidade do Minho, en Portugal; los cuatro centros del CSIC en Galicia (Instituto de Investigaciones Agrobiológicas e Instituto de Estudios Gallegos "Padre Sarmiento", ambos en Santiago; Instituto de Investigaciones Marinas, en Vigo; y la Misión Biológica de Pontevedra [1]); el Instituto Español de Oceanografía (con centros en A Coruña y Vigo); los laboratorios de cuatro complejos hospitalarios, y otra veintena de instituciones, centros tecnológicos y empresas.

Se calcula que el número de usuarios de RECETGA ronda los 100.000.



La "sala de máquinas" del CESGA.

Para entender la evolución de esta red, diremos que lo que en 1993 era una red de baja capacidad pasó en 1995 a ser una red de banda ancha; en 2004 se implantó la fibra óptica para conectar las tres universidades de Galicia, y en la actualidad es una red IP/MPLS basada en tecnología ATM (modo de transferencia asíncrona) y Gigabit Ethernet, con un ancho de banda de hasta 1 Gbps (Gigabit por segundo), soportada por fibra óptica, radio-enlaces y demás equipamiento disperso geográficamente (*routers*, *switches*, conmutadores), lo que hace su mantenimiento muy complejo.

Para hacernos una idea, una velocidad de transmisión de información de 1 Gbps permite descargar los 28 tomos de la *Gran Enciclopedia Larousse* (unas 15.000 páginas) en menos de 7 segundos.

El CESGA también proporciona conexión a otras redes. Aloja el nodo de RedIris [R] (la red española de I+D+i) en Galicia, y los usuarios pueden acceder a redes internacionales como GEANT (la red europea de comunicaciones para investigación y educación). De nuevo, la

evolución ha sido espectacular: en 1993 la conexión a ARTIX, precursora de RedIris, disponía de un acceso de 64 Kilobits por segundo; desde 2003 pasó a tener tres líneas de 2.5 Gigabits por segundo, y otra línea adicional.

### GALNIX

Para facilitar el intercambio de tráfico de datos de Internet, el CESGA acoge el punto neutro llamado GALNIX. Un *punto neutro* es una infraestructura que interconecta las redes de diferentes operadores de telecomunicaciones (en este caso, Jazztel, AUNA, ONO, Tele2-Comunitel, R Cable, RECETGA y Retegal) para intercambiar el tráfico de información que solicitan los usuarios. NIX es un acrónimo de *Neutral Internet Exchange*.

## Servicios y proyectos

Los grupos de investigación de las universidades gallegas y del CSIC utilizan los recursos del CESGA como herramienta en campos tan variados como la física de partículas, los modelos moleculares o la simulación del tiempo



atmosférico.

Además, a través de la red los usuarios pueden acceder a los servidores de computación de altas prestaciones y almacenamiento masivo de datos; a aplicaciones de cálculo y simulación; y al catálogo y fondo *on-line* de BUGALICIA [B], consorcio de bibliotecas universitarias de Galicia.

El CESGA ofrece además servicios de red a los centros conectados a RECETGA y a otras entidades científicas sin ánimo de lucro. Citaremos por ejemplo: alojamiento de webs, FTP (*File Transfer Protocol*), correo electrónico, listas de distribución, alojamiento de espejos (*mirrors*), videoconferencia y otros muchos.

## Proyectos

El CESGA participa en proyectos como EGEE (*Enabling Grids for E-sciencE*), en el que intervienen 27 países para crear la red de cálculo distribuido más grande del mundo, con más de 40.000 procesadores; y ha colaborado en el desarrollo del *Libro blanco de la e-ciencia en España* convocado por la FECYT (Fundación Española de Ciencia y Tecnología).

En los últimos años, el CESGA ha centrado su actividad en las siguientes áreas, que marcan sus líneas prioritarias de investigación:

Implantación efectiva de la computación distribuida y *grid*; arquitecturas de cálculo, paralelización y entornos distribuidos.

Sistemas de almacenamiento masivo.

Cálculo científico y procesamiento de datos.

Utilización de la computación en la industria y la sanidad.

Gestión sostenible, reducción del consumo, gestión energética.

## Access Grid

*Access Grid* [G] es un entorno interactivo, basado en un código abierto, resultado de combinar *software* e instalaciones multimedia, que sirve para proporcionar comunicación simultánea y en tiempo real a varios grupos de personas ubicados en lugares dispersos, para que celebren visitas virtuales, reuniones, seminarios o cursos sin necesidad de desplazarse físicamente.

En el mundo existen en este momento unos 350 nodos, que deben cumplir unos determinados requisitos técnicos. El CESGA ofrece un nodo de este tipo, es decir, una sala dotada de proyectores, pantallas de grandes dimensiones, cámaras de vídeo, micrófonos e instalación de audio, herramientas de *software* y acceso a aplicaciones con elementos de visualización, presentación y reparto de datos. También gestiona una sala de *Access Grid* móvil (para retransmisión de eventos) y otras cinco salas en la euro-región Galicia-Norte de Portugal (Vigo, Pontevedra, Ourense, Braga y Guimarães), todo ello en el marco del proyecto *TORGA.net* (*Trans Portugal Galicia Network*).

## e-learning

El departamento de *e-learning* del CESGA promueve la integración de las tecnologías de información y comunicación en los entornos educativos, y ofrece a sus usuarios diferentes servicios para que puedan llevar adelante tanto proyectos como acciones formativas. Para ello se evalúan las necesidades de recursos humanos y tecnológicos; se ofrecen soluciones adecuadas (por ejemplo, sistemas de videoconferencia o *streaming* de vídeo, foros y listas de distribución, plataformas de enseñanza a distancia); y se presta asistencia técnica siempre que sea necesaria.

Es de destacar el *Aula CESGA* [A], una plataforma de gestión de cursos *on-line* que permite a un profesor crear y administrar webs de cursos desde cualquier navegador sin necesitar ningún tipo de descarga o instalación de *software* cliente. *Aula CESGA* es una versión personalizada de dos aplicaciones: Claroline y Dokeos, basada en PHP/MySQL, y bajo licencia GPL (*General Public License*); es decir, se trata de *software* libre.

Como muestra de las amplísimas posibilidades que ofrece el *e-learning* citaremos algunos de los proyectos en los que participa el CESGA:

*e-Hospital*, un proyecto europeo que tiene como objetivo ofrecer formación continua a personas adultas hospitalizadas de larga duración.

*Arte Perú*, proyecto de formación y apoyo integral a los productores artesanos del sector lácteo de la zona andina peruana.

*Ensigna*, curso piloto para el aprendizaje de lengua de signos.

*EFELCREN (Educational Flexible and Creative Environments)*, proyecto europeo para la creación de materiales didácticos que van a ser utilizados en entornos de formación *on-line* para educación primaria.



Logotipo del CESGA.

### **e-business**

El área de *e-business* del CESGA se llama *Centro de Competencias en Comercio Electrónico*, y surgió como resultado del proyecto europeo *e-MINDER (Electronic coMmerce leveraging Network for Developing European Regions)*, que se centraba en la realización de estudios de situación y actividades de apoyo a las pequeñas y medianas empresas (Pymes) en las regiones europeas periféricas.

Este Centro promueve la realización de proyectos de innovación y desarrollo en los que puedan participar las empresas; proyectos que se basan bien en la identificación de necesidades como resultado de investigaciones previas, bien en la demanda directa por parte de las Pymes.

El Centro ha desarrollado más de diez proyectos europeos y regionales con el objetivo final de apoyar la adopción de procesos innovadores para el comercio electrónico y mejorar la situación del tejido empresarial gallego en el ámbito de las llamadas *TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación)*.

### **Sanidad**

Citaremos los proyectos *Discognitios*, *Telexerontoloxia* y *Folstein* para desarrollar sistemas de monitorización remota de personas mayores dependientes; el proyecto *e-IMRT* para planificación de radioterapia en pacientes oncológicos; y los ya citados *Ensigna* y *e-Hospital*.

### **Software libre**

Se denomina así cualquier *software* sobre el que se tiene libertad para ejecutarlo, copiarlo, distribuirlo y modificarlo sin necesidad de pedir permiso ni pagar una licencia. El término es antónimo de “*software propietario*”.

El departamento de Software Libre del CESGA analiza las opciones tecnológicas existentes en esta área y trabaja coordinadamente con las diferentes iniciativas que se están llevando a cabo en Galicia, en particular el proyecto *Mancomún [M]*, impulsado por la Consejería de Innovación e Industria de la Xunta de Galicia.

### **Otros proyectos y servicios**

El CESGA promueve el uso de la tecnología *GIS (Sistemas de Información Geográfica)* en la comunidad de I+D+i en Galicia, dando soporte técnico y desarrollando proyectos innovadores en esta área. Por ejemplo, su servidor de cartografía genera y sirve mapas dinámicos en Internet, ofreciendo incluso a sus usuarios la posibilidad de crear un servidor específico con sus datos. También se han desarrollado proyectos relacionados con el impacto medioambiental (análisis de riesgos de inundaciones, protección civil) o la cartografía (índices de población, polígonos industriales, patrimonio arqueológico).

También en el CESGA se encuentra el RIGA, Registro de Investigadores de Galicia.

Como ya hemos dicho, el SVG del CESGA fue empleado, junto con otros sistemas, para “renderizar” (es decir, generar formas, luces y texturas) las imágenes tridimensionales de la película *El bosque animado*. Para procesar las capas que componen las diferentes imágenes y convertirlas en secuencias de animación se necesitan, para cada fotograma, unas dos horas de cálculo en un procesador Pentium III a 550 MegaHz (una película de 80 minutos tiene 115.000 fotogramas con múltiples capas).





El bosque animado, de DYGRA.

## El CESGA y las matemáticas

Sin pretender ser exhaustivos, pondremos algunos ejemplos de la colaboración entre el CESGA y los matemáticos.

Un primer ejemplo es el proyecto *SIMULA* [S], durante el cual se realizó un estudio de la implantación en las Pymes de la simulación numérica, entendida como el cálculo, análisis y simulación por ordenador aplicados a productos y procesos; y esto tanto en la fase de diseño como la de producción final. Se incluyó además la penetración del CAD (*Diseño Asistido por Ordenador*) y de otras nuevas tecnologías de fabricación.

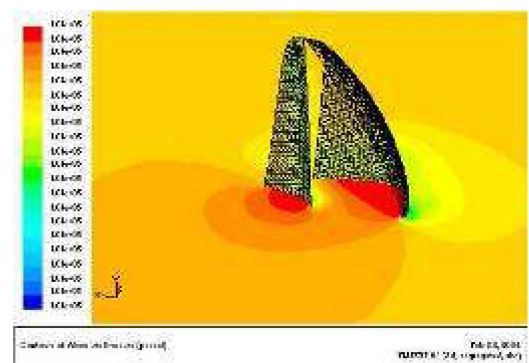
Otro ejemplo es un proyecto de tesis doctoral [U] para usar el cálculo vectorial y paralelo en la resolución de grandes sistemas de ecuaciones, modificando métodos iterativos para optimizar el número de operaciones realizadas por cada acceso a la memoria del ordenador. La implementación y las pruebas se realizarán en el *cluster* HP Superdome.

Y otro ejemplo es el proyecto *VELAS*, financiado por el Consejo Superior de Deportes, y concluido el año pasado, que se planteaba el desarrollo de un sistema de diseño óptimo de velas para barcos, basándose en la simulación numérica de la dinámica de fluidos.

Citaremos también que los alumnos de distintas Facultades, incluyendo los de Matemáticas de Santiago, utilizan regularmente el CESGA para sus prácticas en algunas asignaturas. En contrapartida hay que decir que algunos colegas prefieren utilizar sus propias herramientas, debido al tiempo de espera en cola en el CESGA para algunas aplicaciones y al aumento de la potencia y calidad de los ordenadores y el *software* de los Departamentos.

## CONSOLIDER

Muy recientemente, el Ministerio de Educación y Ciencia, a través de la Secretaría General de Política Científica y Tecnológica, ha puesto en marcha una iniciativa de apoyo a la investigación de alta calidad bajo la denominación de CONSOLIDER-INGENIO 2010 [P]. Entre los 17 proyectos concedidos aparece MATHEMATICA, que es una propuesta de actuaciones estratégicas especialmente ambiciosas en Ciencias Matemáticas y que está apoyada por más de 250 equipos de investigación. La financiación comprometida ronda los 7 millones y medio de euros en cinco años.



Simulación de presiones, proyecto *VELAS*.

Uno de los cinco nodos iniciales de este proyecto será el CESGA, que va a coordinar a varios grupos de investigación en el ámbito del cálculo numérico y la estadística aplicados a la industria, la empresa y el medio ambiente.

## Real Sociedad Matemática Española (RSME)

Mediante acuerdos firmados con la RSME y la fundación alemana FIZ Karlsruhe, el CESGA gestiona un acceso internacional a las bases de datos *Zentralblatt für Mathematik (ZMATH)* y *Mathematics Didactics Database (MATHDI)* [Z]. Estas bases de datos, de investigación y didáctica en matemáticas y áreas afines, contienen más de dos millones de fichas bibliográficas y reseñas sobre artículos publicados desde el siglo XIX hasta la actualidad en unas 2.000 revistas. Durante 2006, el CESGA organizó dos cursos *on-line* para que los profesores de enseñanza secundaria se familiarizaran con estas herramientas.

El CESGA aloja la página web de la RSME, <http://www.rsme.es>, y la de las revistas *La Gaceta Digital*, *Matemáticas en Breve* y *Matemática*.

## El futuro del CESGA

El CESGA pretende constituirse en un centro de referencia a nivel internacional.

Recientemente ha obtenido el certificado de calidad ISO 9001:2000, lo que obliga a disponer de un manual de calidad y a concretar procedimientos de organización e indicadores de eficiencia. Desde el punto de vista administrativo, el CESGA está en fase de fusión en una única entidad, la Fundación CESGA, y está prevista una ampliación del edificio y un incremento de la plantilla. El ancho de banda de RECETGA pasará a ser, en 2007, de 10 Gbps (es decir, 10.000 megabits por segundo). También se aumentará la capacidad de almacenamiento masivo de datos.

Pero el proyecto estrella será la puesta en marcha, prevista para mediados de 2007, del superordenador FINISTERRAE, fruto de la colaboración con Hewlett-Packard e Intel. Será una máquina de muy altas prestaciones, con un sistema de memoria compartida (SMP), que permitirá reducir drásticamente los tiempos de cálculo y abordar proyectos al alcance de muy pocos centros en el mundo, como modelización de océanos, nanotecnología y diseño molecular.

Constará de 2.400 procesadores Itanium 2 con una capacidad de cálculo de 16 Teraflops; 19.000 Gigabytes de memoria, y un sistema de almacenamiento de 39.000 Gigas en disco y 1 Petabyte en cinta. Usará software abierto. En total ocupará 140 metros cuadrados, con un peso de más de 30 toneladas.

FINISTERRAE será el supercomputador con mayor disponibilidad de memoria compartida en toda España. Hoy en día ocuparía uno de los primeros 20 puestos del mundo en el ranking de la supercomputación del denominado *Top 500* [T]. El valor de este equipamiento supera los 62 millones de euros.

## Agradecimientos

A Javier García Tobío, director-gerente del CESGA, y a todo el personal del Centro, por su permanente buena disposición con la RSME. A Fernando Bouzas, responsable del área de promoción y comunicación del CESGA, por todo el material suministrado para este artículo y por su colaboración desde hace muchos años. A José Antonio Álvarez Dios, Alfredo Bermúdez, Manuel Febrero y M<sup>a</sup>. Carmen Muñiz, por su gentileza en responder a mis consultas y facilitarme documentación.

## Referencias

[A] Aula CESGA, <http://aula.cesga.es>

[B] BUGALICIA, <http://www.bugalicia.org>

[C] Centro de Supercomputación de Galicia (CESGA), <http://www.cesga.es>

[D] Díxitos, *novas do CESGA* [ISSN 1139-563X], Anuario 2005

[G] Access Grid, <http://www.accessgrid.org>

[I] Centros del CSIC en Galicia, <http://www.delegacion.galicia.csic.es>

[M] Proyecto Mancomún, <http://www.mancomun.org>

[P] CONSOLIDER, <http://www.mec.es/ciencia/consolider>

[R] RedIris, <http://www.rediris.es>

[S] *Simulación numérica y CAD en las empresas industriales de Galicia*. Fundación CESGA, 2005 [ISBN 84-689-1042-2]

[T] *Top 500 Supercomputer Sites*, <http://www.top500.org>

[U] Gerardo Casal Urcera: *Proyecto de tesis doctoral*. Departamento de Matemática Aplicada, Universidad de Santiago de Compostela, 2004.

[Z] Bases de datos ZMATH y MATHDI, <http://zmath.cesga.es>, <http://mathdi.cesga.es>

## Sobre el autor





**Enrique Macías Virgós** (Vigo, 1956) es profesor titular de Geometría y Topología en la Universidad de Santiago de Compostela (USC). Especialista en teoría de foliaciones y grupos de Lie, ha publicado artículos de investigación en prestigiosas revistas internacionales. Ha sido decano de la Facultad de Matemáticas de la USC (1994-2001) y vicepresidente de la Real Sociedad Matemática Española. En la actualidad pertenece al comité de publicaciones electrónicas de la Sociedad Matemática Europea y preside la comisión de información y comunicación electrónicas del CeMAT (Comité Español de Matemáticas). Es uno de los coordinadores científicos del proyecto DML-E de digitalización de literatura matemática que realiza el CINDOC, y de los espejos en el CESGA de las bases de datos *Zentralblatt für Mathematik* y *MATHDL*. Imparte regularmente charlas de divulgación, y fue coordinador en Galicia del Año Mundial de las Matemáticas AMM2000.