

Campus-grid UniAndes

Harold Castro¹, Danilo Pérez²

¹COMIT, Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación

²MOX, Centro de Computación Avanzada de la Facultad de Ingeniería

Universidad de los Andes-Colombia

{hcastro,danil-pe}@uniandes.edu.co

Resumen

Este trabajo describe el desarrollo del proyecto campus-grid uniandes que es un esfuerzo por dotar a la Universidad de los Andes de una infraestructura única de investigación, compartida por todas las unidades y cuya capacidad es dinámica y aprovecha la disponibilidad de infraestructura ya instalada por cada dependencia. Campus grid uniandes es el resultado de la articulación de proyectos y necesidades independientes de distintas unidades que unen esfuerzos para lograr un resultado de mayor impacto y que beneficia a toda la comunidad. Así mismo, este proyecto se convierte en un piloto que sirve de modelo para otras instituciones y para un eventual proyecto de mayor alcance (grid-Colombia)

Abstract

This work presents the development of the campus-grid uniandes project, which intends to provide Universidad de los Andes with a unique research infrastructure, shared by all units within the university. Such a solution offers a dynamic capacity which takes advantage of the available infrastructure on each unit. Campus-grid uniandes is the outcome of putting together ideas and interests of different units within the university, so the expect benefits and impact are greater than those generated for a single unit initiative. We hope campus-grid to become an example for other institutions and a pilot for larger (national wide) projects.

1. Introducción

A medida que avanzan las disciplinas científicas en general, los investigadores le imponen nuevos retos a la informática, que muchas veces se ve en dificultades a la hora de resolver requerimientos como la

comparación de millones de secuencias genéticas, la optimización a base de heurísticas o simulaciones de muchas variables y diversas condiciones. Se trata de problemas o casos cuya solución requiere grandes cantidades de cálculos y datos para ser abordados efectivamente. Cualquiera que sea el caso de estudio, las aproximaciones convencionales, en las cuales se incrementa el poder de procesamiento de datos y el poder de cálculo con el apareamiento de nuevos equipos de cómputo de mayores capacidades, no son suficientes. Los problemas que queremos resolver hoy superan las capacidades individuales de los más avanzados centros de cómputo del planeta. Un nuevo término aparece en el mundo científico: e-science (e-ciencia) para denotar aquella investigación que se realiza de manera colaborativa aprovechando la infraestructura que aporta cada uno de los participantes de un proyecto. Es necesario entonces contar con herramientas avanzadas que permitan utilizar componentes existentes para incrementar el poder de cómputo. Es aquí donde la computación en malla (grid) presenta una solución viable [1][2].

Las tecnologías grid representan un paso significativo hacia el uso efectivo de recursos conectados por redes. Un campus-grid en particular es una herramienta que puede potenciar la capacidad investigativa de una universidad al facilitar el compartir recursos distribuidos, respetando al mismo tiempo las prioridades administrativas de los distintos centros [3]. La colaboración entre distintas unidades y grupos de investigación de la universidad es una consecuencia natural del despliegue de estas tecnologías. Un campus-grid habilita el intercambio de capacidades de cómputo, permitiendo que necesidades puntuales sean atendidas aprovechando los ciclos ociosos de la capacidad instalada en toda la universidad. Un campus-grid es un habilitador de un cambio de cultura que beneficia la inversión en recursos compartidos para maximizar el retorno de inversión de los mismos. El objetivo de un grid es que

cada participante obtenga un beneficio superior al que podría obtener actuando de manera aislada. Esta filosofía está permeando la comunidad científica internacional y el pertenecer a redes de grid internacionales, aportando cada uno su infraestructura, se está volviendo un requisito para participar en esa comunidad.

El presente artículo describe el desarrollo de un proyecto campus-grid para la Universidad de los Andes, el GRID-Uniandes. Este proyecto hace parte de un conjunto de acercamientos por parte de la Facultad de Ingeniería, a través del MOX y del Departamento de Sistemas y Computación, del Departamento de Física, y de la Dirección de Tecnología de la universidad, basados en esquemas de computación avanzada para la resolución de problemas complejos en distintas áreas de conocimiento.

2. ¿Qué es un campus-grid?

De manera general un grid está formado de recursos heterogéneos compartidos que superan las fronteras administrativas. Un grid necesita

- Recursos de hardware y software
- Acuerdos entre las unidades para compartir recursos

Los recursos de un grid pueden ser especializados, multipropósito, heterogéneos, dedicados, compartidos, etc. El grid se convierte entonces en una infraestructura dinámica que ofrece una capacidad de computación flexible que se ajusta a las diversas necesidades que pueden emanar de una institución multidisciplinaria como una universidad.

Pero un grid no es solamente recursos de cómputo; dentro de un grid podemos imaginarnos recursos tan costosos y especializados como un microscopio electrónico de barrido¹, el cual podría ser controlado desde el grid y así dar acceso a sus datos a un amplio espectro de investigadores. También se pueden considerar unidades especiales de almacenamiento, recursos de visualización (videoconferencias enriquecidas), o incluso las mismas máquinas de acceso de las distintas salas de la Universidad. Todos pueden hacer parte de una infraestructura dinámica que adapta su potencia a las necesidades puntuales de los distintos grupos de investigación.

¹ La Universidad acaba de adquirir un tal telescopio y se espera que su uso sea justamente compartido no solo entre distintas dependencias al interior de la universidad, sino que investigadores de otras universidades puedan también beneficiarse de su disponibilidad.

Un campus-grid aprovecha las infraestructuras existentes. En la universidad actualmente existen distintas soluciones para hacer procesamiento de alto rendimiento. Clusters como el del Departamento de Física, soluciones de distribución de carga como la basada en SGE del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación, o simplemente salas utilizando de forma experimental el software de grid de BOEINC como las que se están instalando en la Facultad de Ingeniería (MOX) son ejemplos de lo que constituiría la base de un campus-grid en la Universidad de los Andes. El éxito de un proyecto de colaboración radica en que cada participante siga siendo dueño de sus recursos y pueda negociar su esquema de participación. Ese es el gran logro de la tecnología grid: se gana en potencia sin perder en autonomía.

Un campus grid necesita de algo más que un software de agregación de recursos. Para funcionar adecuadamente se necesita un conjunto mínimo de elementos que deben ser desarrollados o adaptados de otras soluciones para ajustarse a los requerimientos específicos de cada universidad, funcionalidad que depende de las necesidades particulares de los investigadores. Entre estos elementos encontramos: portales (gestión de acceso), capacidad de mover datos entre los productores y consumidores de información, gestores de recursos (asignación de recursos físicos a tareas), sumisión de trabajos, monitoreo, administración, planificación global y local y por último, elementos de contabilidad. Muchos de los anteriores temas son sujeto de investigación en la comunidad de desarrollo de la tecnología grid y hacen parte de los intereses tanto de MOX como unidad de gestión de tecnología como del grupo COMIT del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación que trabaja en temas de integración y computación distribuida.

3. Visión General

Con la implementación del GRID Uniandes, se busca contar con una plataforma completa y de alta calidad para la solución de problemas complejos en distintas áreas del conocimiento. Dicha plataforma está constituida por una serie de nodos computacionales o servidores, con funciones específicas dentro del sistema, que interactúan en tiempo real de forma armónica y coordinada para prestar el conjunto de servicios necesarios para el funcionamiento del grid.

A nivel de software, el GRID-Uniandes expone una arquitectura basada en la Computación Orientada a Servicios o SOC. SOC propone un esquema de trabajo en el que cada componente de software, con una

funcionalidad específica completa, es visto como un servicio independiente, que puede ser publicado y utilizado conforme se requiere dentro en el sistema, sin necesidad de estar "físicamente" ligado al resto. Se trata de una filosofía muy interesante para la composición de sistemas complejos, pues brinda la flexibilidad de conectar o desconectar servicios al sistema en tiempo real, sin disminuciones en la funcionalidad global del mismo; todo de forma menos compleja frente a métodos convencionales.

Para ello, se ha optado por la plataforma gLite [4]. gLite es un middleware (software "intermediario" entre el sistema operativo y otras aplicaciones) de código abierto (libre) desarrollado por el más de 80 personas en 12 instituciones de tipo académico e industrial que hacen parte del proyecto de infraestructura colaborativa más grande del mundo: EGEE (Enabling Grids for E-sciencE). Se basa en diversas plataformas y estándares, tanto a nivel de funciones particulares del grid (Globus, Condor, GUIS, VO, RGMA, etc), como para la coordinación de éstas sobre un mismo ambiente o sistema (Web Services, SOAP, WSDL, etc.)

En cuanto a la remisión de tareas al grid, gLite permite la ejecución de trabajos de cualquier tipo, mediante el uso de descriptores para los mismos. De esta forma, es posible crear programas que den solución a problemas a través de diversos lenguajes de programación y/o frameworks. Adicionalmente, permite la ejecución de programas desarrollados con librerías paralelas como MPI o PVM. Se trata pues, de un estándar de framework de desarrollo para aplicaciones distribuidas mediante instrucciones para el paso de mensajes entre nodos. De forma específica, gLite soporta trabajos desarrollados con la implementación de MPI MPICH.

Esto presenta una gran ventaja en cuanto a la adopción del GRID-Uniandes dentro y fuera de la universidad ya que permite a los profesores, estudiantes e investigadores, desarrollar programas en el lenguaje de programación de su preferencia.

Con esta estructura de trabajo en mente, es posible categorizar los distintos servicios y componentes que hacen parte del grid, de acuerdo con su propósito dentro del sistema de la siguiente forma:

- **Servicio de autenticación.** Permite que se aproveche la infraestructura actual de autenticación basada en LDAP para que un usuario del grid pueda usar los recursos del mismo sin importar la dependencia a la que pertenece y autenticándose una sola vez ante el sistema. Evidentemente, se deben definir e implementar políticas de uso para asegurar una utilización justa de los recursos entre las distintas dependencias.

- **Servicio de gestión de la heterogeneidad.** No solo de recursos sino de requerimientos. Este servicio debe tener en cuenta la posibilidad real en nuestro medio de contar con recursos no dedicados al grid pero cuya inclusión es indispensable para poder manejar picos de carga de trabajo.
- **Servicios de manejo de datos.** Comprende todos aquellos servicios relacionados con la manipulación de datos y su transferencia a través de los distintos puntos del grid. Aquí se encuentran componentes como el *Local File Catalog* y *File Transfer Service* entre otros.
- **Servicios de Información y monitoreo.** Comprende los servicios que permiten conocer en un instante dado el estado del grid, en distintos niveles: estatus actual de recursos y servicios, estadísticas sobre la utilización de dichos recursos y el estatus de los trabajos que se remiten al grid, entre otros.
- **Servicios de manejo de cargas.** Comprende los servicios de distribución de trabajos a nivel del grid. Es decir, ante la remisión de nuevos trabajos en el grid, estos servicios se encargan de repartirlos a los distintos sitios disponibles para su posterior procesamiento. Esta repartición de cargas debe implementar las políticas de compartición definidas por las unidades, pero al mismo tiempo aprovechar al máximo los recursos disponibles. Esto puede significar que un trabajo haga uso de recursos de distintas unidades al mismo tiempo.
- **Servicios de administración de trabajos y procesamiento.** Comprende los servicios encargados de la distribución de una tarea entre los distintos nodos de procesamiento de un cluster. Son los puntos de entrada de trabajos para un sitio o *cluster* frente al resto del grid. Aquí se encuentran los *Computing Elements*.
- **Servicios de seguridad.** Comprende los medios para la administración de servicios de autenticación, autorización y políticas de uso, de los usuarios del grid, a través de componentes como VOMS, MyProxy y GPBox.

De otra parte, como la idea detrás de un grid es administrar recursos de procesamiento, datos y usuarios para más de un conjunto de clusters distribuidos en sitios físicamente distantes, es importante entonces distinguir los servicios que presta en dos niveles: aquellos a nivel de grid y los de nivel de sitio. Los primeros hacen referencia a servicios que

cubren la totalidad de elementos que componen al grid, con los distintos clusters que tenga conectados. Entre estos se encuentran los servicios de autenticación de usuarios, de transferencia de datos, de registro y monitoreo y de distribución de cargas, entre otros. En segunda instancia, se encuentran los servicios que se deben prestar de forma independiente por cada cluster que haga parte del grid. Entre esos servicios se encuentran entonces los de almacenamiento de datos para el sitio y los de distribución de trabajos a cada nodo de procesamiento.

Adicional a todo esto, un aspecto importante que se quiere lograr con el GRID-Uniandes es el establecimiento de una Organización Virtual propia de la institución. Una Organización Virtual o VO, hace referencia a un dominio administrativo para el manejo de usuarios de grupo de trabajo propios que harán uso de los recursos de un grid. En palabras más sencillas, representa a un organismo encargado de uno o más grids de distintos tipos. Aparte del beneficio técnico de permitir administrar de forma autónoma los usuarios de uno o más grids, una VO permite establecer una imagen de mayor categoría y envergadura en cuanto al manejo de tecnologías de este tipo para fines investigativos o de producción. De esta forma, no sólo se cuenta con un ambiente propio y autónomo de administración de los recursos del GRID-Uniandes sino que se aumenta la visibilidad de la universidad a nivel nacional e internacional.

4. Servicios

Siguiendo la filosofía SOC, a continuación se presentan los distintos servicios implementados en gLite, que harán parte del GRID-Uniandes. Dichos servicios están organizados según quien deba ser responsable por su prestación:

5.1. Servicios a nivel central del Grid.

- **Virtual Organization Management (VOMS).** Permite el establecimiento de una Organización Virtual o VO propia para la Universidad. Comprende los servicios de autenticación de usuarios del *grid*. Provee entonces los medios necesarios para la creación, modificación y eliminación de cuentas, grupos y roles específicos para acceder a los distintos servicios del GRID-Uniandes. Esto mediante la creación y distribución de certificados, apoyado entonces en una Autoridad Certificadora (CA) propia de la Universidad.
- **Information and Monitoring (R-GMA).** Presta los servicios de registro y publicación de las distintas funciones que ofrece el *grid*. Teniendo en cuenta la arquitectura orientada a servicios de gLite, es necesario que este servicio esté presente para el funcionamiento del grid. Se trata de un repositorio central donde se mantiene el registro de los servicios activos en el grid, qué nodo los presta y cómo se accede a ellos. Representa entonces el nodo central de información o directorio y de coordinación de los distintos servicios que provee el GRID-Uniandes.
- **Information (BDII).** Comprende servicios de información y monitoreo, de forma similar a R-GMA. Se mantiene por términos de compatibilidad con otros sistemas para el correcto funcionamiento de algunos elementos del grid.
- **Workload Management and Logging and Bookkeeping (WMS+LB).** Se trata del manejador de cargas de trabajo. Es el servicio que permite conectar distintos *clusters* de procesamiento al *grid*. Se encarga entonces de distribuir los distintos trabajos del *grid* a los *clusters* disponibles para su procesamiento. De forma específica envía estos trabajos a los puntos de entrada de cada *cluster*, los cuales se encargan allí de distribuirlo a los nodos de procesamiento.
- **User Interface (UI).** Representa la interfaz para el uso del grid. Provee herramientas para acceder a los recursos del grid por distintos medios: mediante líneas de comando, clientes por consola de servicios particulares (LFC, VOMS, etc.), vía Web a través de un portal de servicios o bien por APIS para extender el framework por medios programáticos.
- **Local File Catalog (LFC).** Mantiene el catálogo de archivos de todo el grid. Permite conocer la ubicación exacta de los datos de entrada o producto de los trabajos que se procesan en los diversos *clusters* que hacen parte del *grid*.
- **File Transfer (FTS).** El servicio de transferencia de archivos. Provee los medios

para el transporte de grandes cantidades de datos a través de todo el *grid*.

- **Metadata (AMGA).** Servicio de metadatos para el *grid*. De forma general se trata de un servicio de acceso a bases de datos con los esquemas de autenticación del *grid*. Permite entonces, que los usuarios tengan disponibles bases de datos implementadas en el *grid*.
- **DataGrid Accounting (DGAS).** Representa el servicio de información sobre los niveles de utilización de los distintos recursos que conforman el *grid*. Permite establecer estadísticas sobre el nivel de uso del *grid* a distintos niveles.
- **MyProxy.** Se trata de un portal Web para la asignación de tiquetes con franjas de uso de los recursos del *grid* para sus usuarios. Permite que los mismos usuarios obtengan sus tiquetes mediante una interfaz Web intuitiva y sencilla.
- **GridIce.** Se trata de un conjunto de herramientas que permiten monitorear distintos puntos del *grid*, en varios grados de abstracción: a nivel de Organizaciones Virtuales, de operaciones del *grid*, de administración de sitios y de usuario final.
- **Grid Policy (GPBox).** Permite el establecimiento de políticas en cuanto a la prestación utilización de los distintos recursos y servicios del *grid*. Estas políticas se pueden definir a varios niveles: de Organización Virtual, de sitios o como una mezcla de ambos.

5.2. Servicios por sitio.

- **Computing Element (CE).** Distribuidor de tareas para un sitio (*cluster* perteneciente al *grid*). Es el punto de entrada de trabajos de un sitio de procesamiento. Se encarga de distribuir el trabajo que entra al sitio a los distintos nodos de procesamiento que hacen parte del *cluster*.
- **Storage Element (SE).** Representa el nodo de almacenamiento de archivos de un sitio. Es el almacén de datos de un sitio o *cluster*. Es visto entonces como un repositorio central para el almacenamiento de archivos de entrada y producto de los trabajos que se procesan en el sitio.

- **Worker Node (WN).** Nodos de procesamiento. Son los trabajadores como tal del *grid*. Están encargados del procesamiento y cálculos de los trabajos que entran al sitio.

5.3. Otros Servicios.

- **Certification Authority (CA).** La autoridad certificadora (CA) de la institución. Representa un ente emisor de certificados que permiten identificar a los usuarios de un sistema de forma única. En palabras sencillas, podemos ver a los certificados como los carnets virtuales de los usuarios del *grid*, y a la autoridad certificadora como la notaría virtual de la Universidad para la autenticación dichos carnets.
- **Network Time (NTP).** Permite tener sincronizados todos los nodos que hacen parte del *grid*. Se encarga entonces de establecer la hora del sistema de cada componente del *grid* de tal forma que no existan grandes diferencias entre unos u otros (en grado de milisegundos). Es un servicio fundamental para mantener la integridad y corrección de los esquemas de procesamiento de trabajos en el *grid*.

5. Arquitectura

La figura presentada a continuación muestra una estructura general de los sitios por los cuales estaría conformado el GRID-Uniandes.

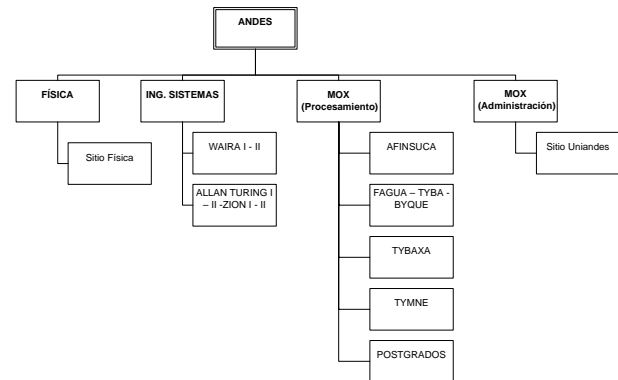


Figura 1. Vista general de sitios o clusters del *grid*.

Como se puede apreciar, la idea de esta arquitectura es poder estructurar los *clusters* de procesamiento de acuerdo con la distribución física actual de las salas en la Universidad (el tercer nivel del gráfico). Este esquema brinda una mayor flexibilidad a la hora de establecer la disponibilidad de recursos para el *grid*

pues permite trabajar con las distintas salas de forma independiente, así como también –llegado el caso– definir un esquema de tarificación / facturación de servicios del grid a distribuir entre las unidades usuarias.

Adicionalmente a estos clusters de procesamiento “por salas” se tendrá también un *cluster* principal del grid a nivel institucional (Sitio Uniandes) y un *cluster* dedicado para física, ambos con disponibilidad de recursos para procesamiento de datos y cálculos 24x7. Gracias a esta estructura, el *grid* contará con un total de 9 sitios disponibles a los distintos programas de la Universidad.

Dado lo reciente de la tecnología grid, la gestión de los equipos centrales (cluster principal en la Figura 1) debe realizarse conjuntamente por el Centro MOX de Computación Avanzada de la Facultad de Ingeniería y la Dirección de Tecnologías de Información (DTI). Una vez la operación del grid esté completamente estable y se hayan definido los procesos administrativos de creación de usuarios, single-sign-on y tarificación / facturación de servicios que permitan pasar el grid de desarrollo a producción, toda la operación del grid será asumida por la DTI.

A continuación se describe brevemente los elementos del grid, tanto a nivel central como a nivel de sitio.

5.1. Arquitectura a nivel central del GRID

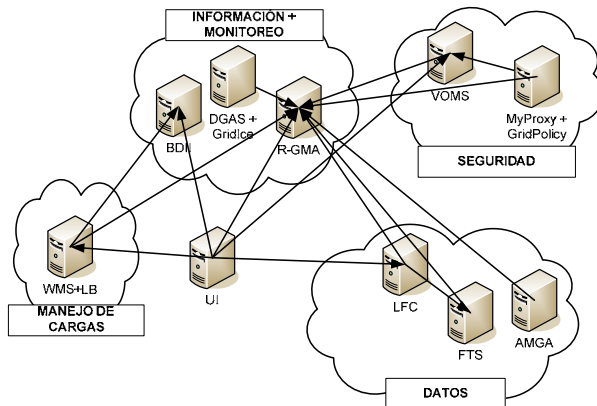


Figura 2. Arquitectura y servicios a nivel central del GRID.

Esta figura presenta la estructura pensada para los nodos encargados de prestar los servicios definidos a nivel central del grid. En ella se puede apreciar la forma en que interactúan los diferentes servicios de manejo de carga, almacenamiento, información, monitoreo y seguridad.

5.2. Arquitectura por sitio

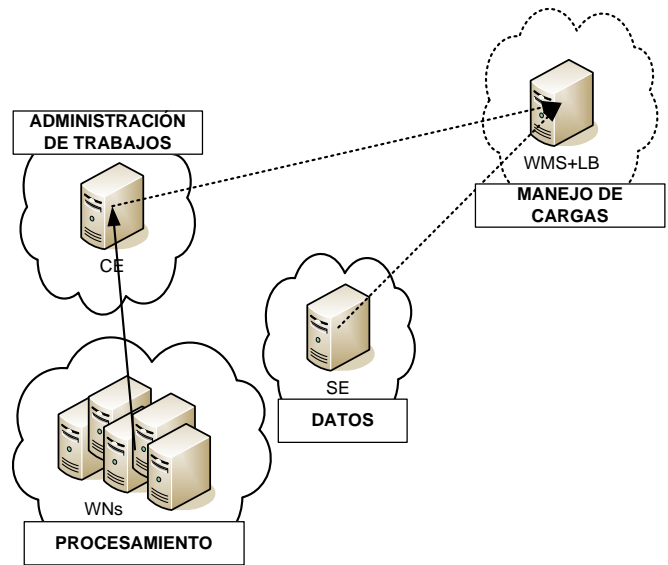


Figura 3. Arquitectura y servicios por cada sitio.

Aquí se expone la forma como interactúan los servicios definidos por cada sitio de procesamiento o *cluster* para el GRID-Uniandes. Así mismo, se aprecia el punto de enlace entre cada uno de ellos y el área de servicios centrales del grid (nodo CE y nodo WMS+LB), en cuanto a la distribución de tareas a ser procesadas por un sitio.

6. Conclusiones

El proyecto campus-grid uniandes representa una opción interesante en cuanto a la adopción de tecnologías de computación avanzada para la solución de problemas complejos, que reutiliza al máximo la infraestructura actual y la experiencia local en esta clase de tecnologías y que permite un esquema de crecimiento gradual, escalable y financiable.

Con la adopción de esta propuesta UniAndes contará con una capacidad de cálculo y almacenamiento significativa, que podría usar en proyectos cooperativos con otras instituciones en el mundo, ya sea en los temas de Física de Altas Energías, en los temas de modelamiento de sistemas complejos o en cualquier área de la ciencia que lo requiera.

7. Referencias

[1] H. Castro. Grid Computing: promesa de los sistemas distribuidos. Revista Sistemas ACIS, edición 98, octubre-diciembre 2006.

[2] C. Jiménez. Datagrid: Infraestructura de computación en malla para integración de aplicaciones y de información. Revista Sistemas ACIS, edición 98, enero-marzo 2007.

[3] A. Adiga, K. Barzee, V. Bolet, S. Henderson, J. Jokl, S. McKee, J. Perez, J.P. Robinson, A. Vanderberg, M.F. Yafchak, Building a Campus Grid: Concepts and Technologies. NSF Middleware Initiative (NMI) Integration Testbed Case Study Series: Supplemental Documentation.

[4] EGEE Middleware Architecture. (2004). EGEE. Ultimo acceso Mayo 21, 2007 de <https://www.cern.ch/glite/>