

# LAS TECNOLOGÍAS GRID DE LA INFORMACIÓN COMO NUEVA HERRAMIENTA EMPRESARIAL: DEFINICIÓN, TAXONOMÍA Y NIVELES DE ADOPCIÓN

**JOSÉ MANUEL MAQUEIRA MARÍN**  
**SEBASTIÁN BRUQUÉ CÁMARA (\*)**

Departamento de Administración de Empresas, Contabilidad y Sociología  
Universidad de Jaén

Actualmente estamos inmersos en un ciclo de profundo cambio tecnológico, en el que las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) están revolucionando la estructura de las organizaciones. Las TICs proporcionan una nueva forma de interrelación entre empresas, favoreciendo las relaciones más rápidas que demandan las organizaciones del siglo XXI, en

las cuales la agilidad empresarial se está convirtiendo en una necesidad estratégica para las organizaciones que interactúan unas con otras gracias a las TICs (Haekel, 1999). Y como reacción al entorno turbulento en el que las organizaciones actúan, nuevas configuraciones estructurales entran en escena. En el ritmo frenético en el que se encuentran inmersas las organizaciones, las tecnologías evolucionan también a una velocidad de vértigo para satisfacer las nuevas necesidades de agilidad y adaptabilidad que la empresa actual requiere. En este panorama de cambio profundo, surgen las Tecnologías Grid de la Información como una nueva herramienta empresarial que las organizaciones pueden esgrimir en su pugna competitiva.

Las Tecnologías Grid de la Información son unas tecnologías innovadoras que favorecen la interconexión de organizaciones dispersas geográficamente, permitiendo la unión de los distintos recursos aportados por ellas que, transformados en un único recurso virtualizado, ofrece la ilusión de comportarse como una máquina única, cuyo potencial es equivalente a la capacidad agregada de los recursos que se interconectan entre sí mediante redes de comunicaciones de banda ancha. Esto permite, por ejemplo, utilizar la capacidad ociosa de las CPUs de un gran número de ordenadores personales para realizar un trabajo de

computación intensiva no abordable por los superordenadores más potentes que existen en la actualidad. O permite, por ejemplo, agregar una pequeña porción de la capacidad de almacenamiento de estos ordenadores personales que, de forma agregada, constituirían un único disco virtual de capacidad no alcanzable de otra manera. Otro ejemplo de sus posibilidades estaría en la unión de recursos TICs de superordenadores dispersos geográficamente, conformando un superordenador virtual de extraordinarias dimensiones. O la tendencia, más actual, de proporcionar un entorno de recursos virtualizados sobre los que se pueda ofrecer de forma ubicua (Weiser, 1993), en cualquier momento y desde cualquier lugar, con una movilidad sin precedentes (Kleinrock, 1996), una plataforma de servicios (Oliveros *et al.* 2005) para la comunidad empresarial. Todos estos ejemplos, son al día de hoy una realidad en la empresa, donde los adoptantes tempranos (Rogers, 1962; Moore, 1991, 1995) utilizan ya estas tecnologías como herramienta que puede materializarse en una ventaja competitiva (Porter, 1980).

Este trabajo tiene como objetivo describir cuáles son los distintos tipos de tecnologías Grid que se utilizan en la actualidad, así como ofrecer una panorámica actual de la adopción que estas tecnologías tienen

en el mundo empresarial. Para conseguir dicho objetivo, hemos estructurado el artículo en cinco apartados. En el apartado segundo aclaramos el concepto de Grid e introducimos el de Tecnologías Grid de la Información. En el apartado tercero ofrecemos una taxonomía de estas tecnologías. En el apartado cuarto proponemos distintos niveles de adopción para las Tecnologías Grid de la Información. En el quinto mostramos las principales conclusiones de nuestro trabajo.

## LAS TECNOLOGÍAS GRID DE LA INFORMACIÓN ▾

El concepto de tecnologías Grid aplicado al mundo de las TICs es relativamente reciente. El término surge hacia la mitad de los años 90 del Siglo XX (Foster y Kesselman, 1999) para denominar a una tecnología que permitiese la unión de recursos informáticos distribuidos y con una dispersión geográfica amplia, que podrían actuar como si de un único recurso se tratase. Las tecnologías Grid, en esos primeros momentos, suponen un concepto casi filosófico de utilización conjunta de recursos TICs y de la virtualización de estos, sin hacer referencia a una tecnología concreta; siendo, por lo tanto, un concepto muy amplio. La idea que subyace en la concepción inicial (Foster y Kesselman, 1999a), está estrechamente vinculada al significado de la palabra Grid. Grid es una palabra procedente de la lengua inglesa que significa malla o rejilla. En el mundo anglosajón a la red eléctrica se le denomina *Power Grid*.

Así pues, el concepto inicial de tecnologías Grid establece una analogía entre el suministro de un servicio básico o *Utility* cómo lo es el suministro de la energía eléctrica y un servicio que, en el mundo empresarial actual, también se está convirtiendo en básico, como es la utilización de las TICs en la empresa. Según esta analogía, el concepto de Grid sostiene que en un futuro los servicios de computación serán ofrecidos por proveedores especializados a partir de «fábricas de computación» que actuarían como las grandes empresas de hoy especializadas en el suministro eléctrico.

No obstante, dentro de lo que se conoce como computación distribuida ya habían sido desarrollados con anterioridad sistemas que permitían la utilización de los recursos ociosos de ordenadores dispersos. El primero de los desarrollos se realizó en 1985 por Miron Livny, el sistema Condor, que aprovechaba el tiempo de inactividad de los ordenadores conectados al sistema. Utilizó como base el sistema operativo UNIX y la conectividad que proporcionaba Internet. La Universidad de Wisconsin implantó este sistema gestionando más de 400 CPUs que donaban sus ciclos inactivos.

Posteriormente, en 1997, Scott Kurowski desarrolló la red Entropia, que en dos años agregó 30.000 ordenadores, consiguiendo una velocidad agregada de 1 Teraflop por segundo y permitió calcular el mayor número primo conocido.

El siguiente paso fue el proyecto SETI@home de David Anderson que utilizó la capacidad de proceso, do-

nada por usuarios de ordenadores personales, para analizar los datos de la radiación electromagnética captada del espacio por los radio telescopios de Arecibo (Puerto Rico) a la búsqueda de señales de inteligencia extraterrestre y donde participan más de cinco millones de usuarios.

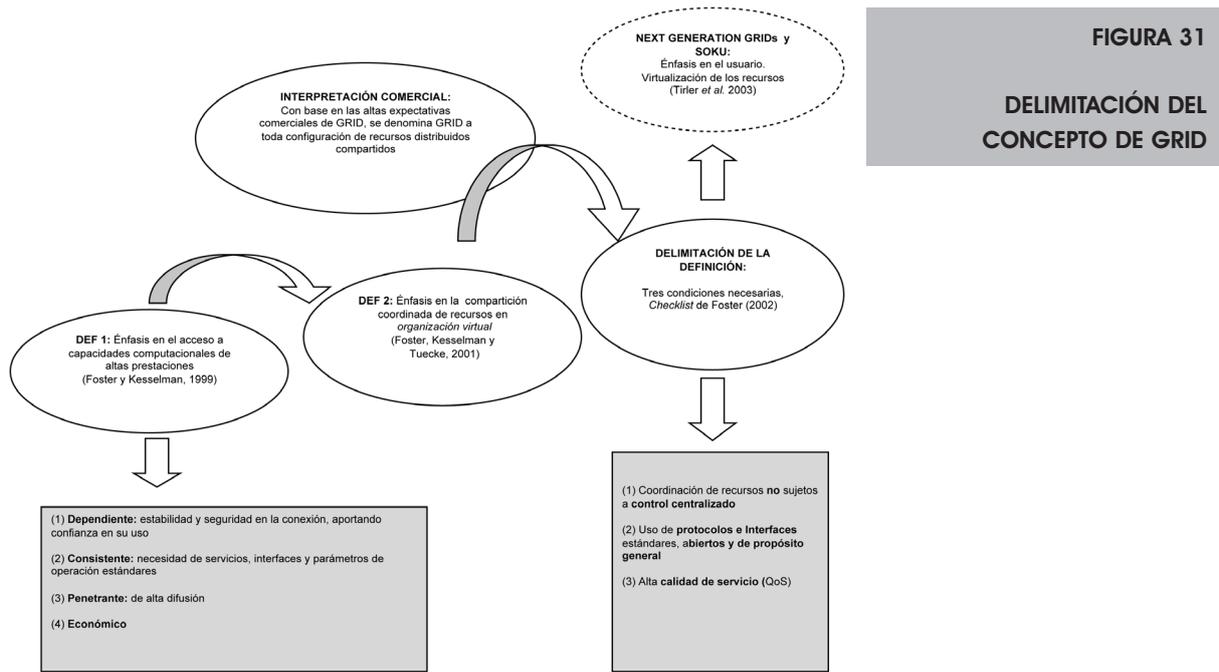
Los usuarios de SETI@home descargan un *software* cliente que actúa a modo de salva-pantallas, cuando el ordenador está inactivo se activa el salva pantallas y el *software* cliente, de tal forma que su disponibilidad es detectada por un nodo planificador que le envía las tareas a realizar y recoge los resultados. Este tipo de computación ha sido denominada como computación filantrópica o computación de barrido (*Scavenging Grid*) (García y Munilla, 2004, p. 199). Otros proyectos de computación filantrópica son: FightAIDS@home que estudia el Síndrome de Inmuno Deficiencia Adquirida (SIDA) o Folding@home que estudia el plegamiento normal y anormal de las proteínas y las enfermedades relacionadas con ello, como el Alzheimer.

El concepto inicial de tecnologías Grid introducido por Foster y Kesselman (1999) hace referencia principalmente a infraestructuras de este tipo cuyo objetivo es la computación intensiva en tareas que requieren de una gran potencia de cálculo, pero donde para ello se interconectan generalmente superordenadores distribuidos. Un ejemplo de este tipo de tareas lo tenemos en el nuevo acelerador de partículas del CERN (Centro Europeo de Física de Partículas), el LHC (*Large Hadron Collider*) o Gran Colisionador de Hadrones, que requiere el almacenamiento y procesamiento de varios Petabytes (1 Petabyte:  $10^{15}$  bytes) de datos cada año y donde para abordar estas tareas se ha desplegado una infraestructura Grid en la que participan organizaciones de investigación de todo el mundo.

De no utilizar tecnologías Grid los recursos necesarios se estiman en el equivalente de una «fábrica» de 200.000 PC's, un orden de magnitud por encima de los mayores supercomputadores actuales, y con claras dificultades técnicas, operativas y de financiación (Marco, 2002, p. 17). Un producto denominado *Globus ToolKit* (Foster y Kesselman, 1999) y en cuyo desarrollo participaron Foster y Kesselman permitió inicialmente esta interconexión entre recursos de computación y se convirtió en el estándar de *facto* aceptado por las principales compañías, siendo ampliamente utilizado en proyectos académicos y de investigación. Pero, este concepto inicial de tecnologías Grid ha sufrido una evolución, hasta llegar a su significado actual. Analizamos esta evolución a lo largo del siguiente apartado.

## La interpretación comercial y posterior delimitación ▾

Foster y Kesselman (1999, p. 18) definieron inicialmente Grid computacional como «una infraestructura *software* y *hardware* que proporciona acceso dependiente, consistente, generalizado y económico a capacidades computacionales de altas presta-



**FIGURA 31**  
**DELIMITACIÓN DEL CONCEPTO DE GRID**

FUENTE:  
Elaboración propia.

ciones». Sin embargo, esta definición inicial no llega a reflejar las importantes implicaciones de la tecnología Grid. Debido a esto, Foster, Kesselman y Tuecke (2001, p. 2) redefinen el concepto de Grid, introduciendo una visión de mayor alcance para el ámbito organizativo: «Grid es una compartición de recursos coordinada para la resolución de problemas en organizaciones virtuales dinámicas y multiinstitucionales». El conjunto de instituciones y/o usuarios que comparten estos recursos y se someten a las reglas para compartirlos forman una Organización Virtual (*Virtual Organization, VO*) (Foster, Kesselman y Tuecke; 2001, p. 2).

Tras *Globus Toolkit* surgen una gran cantidad de desarrollos que posibilitaban entornos Grid (p. ej, UNICORE, GridBus, GridWay, gLite, Sun Grid Engine o los desarrollos propietarios de pequeñas e innovadoras compañías como Avaky/Sybase, Parabon, United Devices, Data Synapse, Univa o la compañía española GridSystems). Pero, en el ámbito profesional, el término Grid se transformó en los últimos tiempos en un *slogan de marketing*, de tal forma que las firmas comerciales se apresuraban a incluirlo en sus productos, de forma similar a lo ocurrido con la tecnología de Internet en los años 90 del siglo XX (Foster, 2002).

Un claro ejemplo de esto lo tenemos en la compañía Oracle, especializada en el tratamiento de datos que asociaba el concepto de Grid a su nuevo producto de virtualización de datos y servidores al que denominó Oracle 10Grid (10G). De este modo, el término Grid se distorsiona, siendo utilizado para designar productos que, aún situándose en el ámbito de la computación distribuida, no deberían ser considerados como Grid (Berstis, 2002).

Esta razón hizo necesaria una nueva delimitación del concepto de Grid (Foster, 2002), que formuló un listado (*checklist*) de tres puntos básicos que permite conocer si un determinado sistema puede ser o no considerado como un Grid: 1) coordinación de recursos heterogéneos no sujetos a un control centralizado; 2) deben usarse protocolos e interfaces estándares, abiertos y de propósito general y 3) debe proporcionar la calidad de servicio necesaria.

Con posterioridad surgen nuevos conceptos de carácter amplio, como el de Nueva Generación Grid (*Next Generation Grid, NGG*) (Titrer et al. 2003) y el concepto similar de SOKU (*Service-Oriented Knowledge Utilities*) que establecen las bases para un futuro sistema Grid de carácter cada vez más global. SOKU es la visión de Grid de la Unión Europea para más allá del año 2010, como infraestructura básica para la empresa, la ciencia y los ciudadanos en general en la sociedad del conocimiento. La figura 1 recoge esta comentada evolución del concepto de tecnologías Grid.

### Nuestra propuesta: Tecnologías Grid de la Información

El *checklist* de Foster (2002) introduce dos posiciones enfrentadas. Una primera (Foster, 2002) considera que sólo deberían de ser considerados como tecnología Grid aquellos desarrollos que utilicen el estándar de *facto* OGSA (*Open Grid Services Infrastructure*) (Foster y Kesselman, 2004) basado en el desarrollo básico *Globus Toolkit* (Foster y Kesselman, 1999b). Y una segunda posición, que se corresponde con una interpretación más comercial, que considera como tecnología Grid a los diversos desarrollos propietarios de las com-

pañías comercializadoras de *software*. Como solución a este antagonismo, nosotros proponemos un nuevo término que, desde una perspectiva amplia, engloba ambas posiciones: Tecnologías Grid de la Información.

El concepto de Tecnologías Grid de la Información en sentido amplio queda definido como sigue: configuración tecnológica innovadora de los recursos informáticos y de telecomunicaciones existentes distribuidos geográficamente que, mediante la agregación y compartición, trasciende a la organización individual y da soporte a las complejas interrelaciones que aparecen en las nuevas Organizaciones Virtuales, posibilitando, mediante la virtualización de los recursos, el acceso homogéneo y fiable a estos recursos por parte de usuarios heterogéneos.

## TAXONOMÍA DE LAS TECNOLOGÍAS GRID DE LA INFORMACIÓN ▼

Aunque son posibles muchas clasificaciones distintas atendiendo a diversos criterios, aquí recogemos dos clasificaciones representativas según los criterios de: (1) finalidad funcional del Grid y (2) ámbito organizativo.

### Tipología según su finalidad ▼

Esta clasificación tiene en cuenta las diferentes arquitecturas que dan solución a diversos problemas en las relaciones entre empresas, distinguiendo entre Grid Computacional (*Grid Computing*), Grid de Datos (*Data Grid*), Grid de colaboración (*Collaborative Grid*) y Grid de Servicios (*Utility Grid*).

**Grid Computacional** hace referencia a la potencia de proceso agregada procedente de la utilización de un conjunto de sistemas distribuidos, generalmente aprovechando la capacidad de proceso no utilizada en un momento determinado de los ordenadores integrantes del Grid. Un ejemplo típico de Grid Computacional es la computación en paralelo de tareas como SETI@home.

A su vez, en este grupo, se pueden distinguir varios tipos de Grid computacionales (Abbas, 2004, p. 66) atendiendo al tipo de *hardware* computacional empleado: (1) Grid doméstico (*Desktop Grid*): utiliza ordenadores personales; (2) *Server Grids*: utiliza servidores departamentales y (3) *Cluster Grids* de alto rendimiento (*High-Performance/Cluster Grids*): constituido por superordenadores o *clusters* HPC. Además, se pueden dar combinaciones de los tipos anteriores. Empresas del sector financiero (Joseph y Fellenstein, p. 14) como BNP Paribas, Watchovia, Charles Schwab o Deutsche Bank utilizan este tipo de Grid para calcular el riesgo de posibles inversiones teniendo en cuenta una enorme cantidad de variables y escenarios distintos.

**Grid de Datos (*Data Grid*)** hace referencia a la existencia de una arquitectura de datos que integra a

otras existentes, identificando requerimientos y componentes comunes en los distintos sistemas y aplicando tecnologías diferentes de forma coordinada para gestionar, como si de un único recurso se tratara, los datos que aparecen en diversas aplicaciones intensivas de datos. Existen varios ejemplos de *Data Grid* (Graham *et al.*, 2004).

Entre ellos podemos destacar una solución diseñada para el manejo de datos del *Compact Muon Solenoid* (CMS), el detector de partículas de alta energía diseñado para el LHC del CERN. En la empresa, este tipo de Grid esta siendo muy utilizado en el sector de la biotecnología, por ejemplo, ISI Pharmaceutical y Novartis Pharmaceutical en el diseño de medicamentos para la lucha contra el SIDA y el Cáncer y de nuevas fórmulas farmacológicas o Monsanto para el diseño de productos agrícolas modificados mediante técnicas de ingeniería genética. La compañía Oracle (1), en su familia de productos Oracle 10G/11G/12G, utiliza también esta filosofía Grid, permitiendo crear «granjas/factorías de almacenamiento» a las que se pueden añadir servidores estándares y modulares rápidamente.

**Grid de colaboración (*Collaborative Grid*)** proporciona un potente entorno donde pueden interactuar distintos agentes dispersos geográficamente que colaboran en un determinado trabajo, de manera que se genera un entorno virtual distribuido en 3D que hace posible la teleinmersión. Los entornos colaborativos son de gran utilidad en el diseño de productos complejos en los que intervienen un elevado número de agentes. Ejemplos de empresa que utilizan este tipo de Grid los tenemos en Peugeot-Citroen (PSA), Audi, Ford o SAAB para el diseño colaborativo de automóviles y la simulación de impactos o en AMD para el diseño colaborativo de microprocesadores.

**Grid de servicios (*Utility Grid*)** es un modelo que supone una plataforma amplia de servicios; no sólo de computación o de almacenamiento. Se trata de una infraestructura que, utilizando las Tecnologías Grid de la Información, pueda proporcionar toda la potencia de sus recursos a dispositivos ligeros y de poca potencia. La infraestructura sería capaz de soportar el acceso de dispositivos móviles que en realidad sólo supondrían un método de acceso al Grid y donde el almacenamiento, las aplicaciones y la ejecución de las tareas realmente estuvieran en el Grid.

Esta infraestructura ofrecería servicios diversos a las empresas y permitirá, además, la participación de empresas y usuarios en dicho sistema, adquiriendo el doble papel de proveedores y clientes, lo que se verá reflejado en la cuantificación de los servicios. Este tipo de Grid es el más actual y el que mayores posibilidades podrá ofrecer a las empresas en el futuro y en esta línea se sitúan las propuestas de NGG y SOKU.

La empresa Telefónica I+D ha participado en proyectos europeos que han proporcionado avances sig-

nificativos en este sentido, como el proyecto Akogrimo, para el acceso al Grid de dispositivos móviles y BREIN para dar respuesta a los problemas específicos de las aplicaciones empresariales. Proveedores de servicios de *hosting* están ofreciendo ya configuraciones Grid básicas mediante tarifa fija y recursos adicionales, procedentes de sus propias infraestructuras Grid internas, mediante un sistema de pago por uso. Tal es el caso de las empresas GridLayer y Media Temple.

Este tipo de Grid está siendo actualmente reinterpretado en la llamada computación en nube (*Cloud Computing*) o servicios de computación que se ofrecen a través de Internet bajo demanda y en los que el proveedor dispone de un Grid de recursos virtualizados para poder adaptarse de forma flexible a las necesidades de los clientes.

Amazon, el gran bazar virtual del siglo XXI, comercializa este tipo de servicios en un sistema de pago por uso, para rentabilizar su potente infraestructura de recursos informáticos, bajo el nombre de *Elastic Computer Cloud* (EC2). Amazon también dispone de grandes espacios de almacenamiento virtualizados, que son ofertados como producto mediante un sistema de pago por uso, y al que denomina como *Simple Storage Service* (S3).

Además, la empresa Google también utiliza las Tecnologías Grid de la Información para ofrecer sus diversos servicios (búsquedas, correo electrónico y almacenamiento de éste, gestión y alojamiento de *blogs*, creación de comunidades cerradas que permite el almacenamiento, intercambio y gestión de imágenes, etc.) y también se posiciona como un proveedor de servicios en Internet tipo *Cloud Computing* con su producto Google Apps para empresas (integra Gmail, Google Talk, Google Calendar, Google Video, Google Sites, Google Docs, etc.).

### Tipología según el ámbito organizativo

Según el ámbito organizativo sería necesario distinguir (Joseph *et al.*, 2004, p. 639) entre las cuatro alternativas siguientes:

**InfraGrid** o *Cluster Grid* (Gentzsch, 2004, p. 311), Grid que está constituida por un conjunto de pocas máquinas, con arquitectura *hardware* similar, conectadas en red de área extensa. Es un sistema que suele utilizarse para experimentar con *software* Grid. La utilización debe ser interdepartamental, pero no requiere de políticas especiales de seguridad. Estos tipos de configuraciones guardan cierta similitud con los *Cluster* interdepartamentales que suponen una evolución de los *clusters* departamentales y experimentales, mucho más sencillos, y están formados por máquinas homogéneas en *hardware* y sistemas operativos y que forman parte de un único dominio. Pero mientras que los *Cluster* interdepartamentales se limitan a un único dominio en red local, la *InfraGrid* también se limita a un único dominio pero en red de área extensa; es decir, se trata

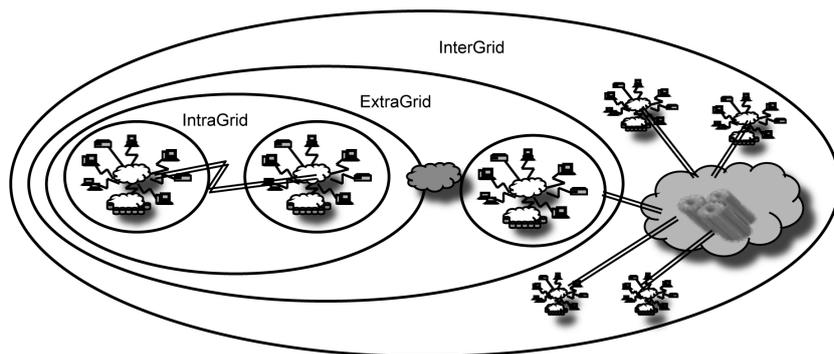
de un *cluster* con elementos distribuidos geográficamente, de ahí que también reciba la denominación de *Cluster Grid*.

**IntraGrid** es la siguiente progresión, que incluye la unión de distintos dominios con máquinas heterogéneas. En esta configuración están disponibles muchos tipos de recursos. En este sistema Grid se incluyen algunos componentes que realizan la planificación de tareas. Los recursos se comparten por medio de una red de alta velocidad. Participan máquinas de múltiples departamentos siempre dentro de una misma organización. También es denominada como *Campus Grid* (Gentzsch, 2004, p. 311) o como Grid empresarial (*Enterprise Grid*).

Como ejemplo de este tipo de Grid en las empresas, podemos citar a IBM que dispone de una *IntraGrid* que une su Centro de Innovación de Tecnología Grid, ubicado en Montpellier (Francia), con los principales centros de investigación y desarrollo que IBM posee en EE.UU., Israel, Suiza, Japón e Inglaterra. Otros ejemplos los tenemos en la empresa SUN, que posee una infraestructura Grid interna mediante la que ofrece a sus clientes servicios de computación mediante un sistema de pago por uso (1\$ por hora de CPU) y en la empresa HP. También en Gateway, que unió los ordenadores de sus distintas delegaciones en Estados Unidos para aprovechar su capacidad ociosa y ofrecer servicios de computación a sus clientes; o NTT Data en Japón, que dispone de una estructura en la que participan más de un millón de PCs con conexiones de banda ancha para ofrecer un servicio comercial de computación.

**ExtraGrid** es un sistema que incluye a varias organizaciones, donde una determinada integra a otras colaboradoras con las que comparte recursos, generalmente mediante redes privadas virtuales (*Virtual Private Network*, VPN) (Ferreira *et al.*, 2003, p. 89). Una denominación equivalente a la *ExtraGrid* es la de *Partner Grids*: desarrollos Grids entre organizaciones que colaboran en proyectos comunes, siendo necesario optimizar los recursos existentes y compartirlos en busca de una meta común (Abbas, 2004, p. 66). Un ejemplo de este tipo de Grid lo tenemos en la empresa Airbus, en la que, para el desarrollo de sus productos, interviene un considerable número de empresas y que ha implantado un Grid para facilitar el trabajo en común.

**InterGrid** es una Grid que puede ser utilizado uniendo también a un gran número de organizaciones que, de forma dinámica, colaborarán en proyectos e intereses comunes, y que comparten recursos, sin existir necesariamente estrechos vínculos entre ellas ni desequilibrios en sus situaciones de poder. Los requerimientos de seguridad son muy altos. *InterGrid* abre posibilidades comerciales hacia la venta e intermediación de recursos sobre un amplio grupo de posibles consumidores de recursos. Los recursos podrán ser utilizados como un servicio en un gran Grid de cobertura muy amplia y donde estarán presentes «proveedores» de recursos.



**FIGURA 2**  
**INTRAGRID, EXTRAGRID E INTERGRID**

FUENTE:  
Ferreira et al. (2003, p. 90)

Este tipo de Grid es también denominado Global Grid (Gentzsch, 2004, p. 311). El objetivo último puede ser llegar a formar una gran red Grid de cobertura mundial a la que algunos autores ya han denominado como *World Wide Grid* o WWG (Buyya et al. 2003), *Great Global Grid* ó GGG (Marcus, 2002), GridNet (Abbas, 2004, p. 67) o «El Grid» (Foster, 2002). Un ejemplo de InterGrid lo tenemos en la empresa Google, que dispone del, probablemente, mayor Grid empresarial existente en la actualidad y que interconecta en una infraestructura común a un gran número de empresas a las que ha ido adquiriendo (2). La figura 2 refleja esta clasificación tipológica según el ámbito organizativo.

### NIVELES DE ADOPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS GRID DE LA INFORMACIÓN EN LA EMPRESA ¶

La adopción en la empresa de innovaciones tecnológicas presenta distintos niveles dependiendo de un gran número de factores, como pueden ser, por ejemplo, el momento del tiempo en que ésta se realiza, el nivel de vinculación a los procesos críticos, la actitud proactiva o reactiva de una empresa hacia la tecnología, la alineación de la tecnología con la estrategia de negocio, o el efecto experiencia de la tecnología. Con respecto al momento del tiempo, ya Rogers (1962, 1983) en la Teoría Clásica de Difusión de la Innovación, distinguía entre los siguientes tipos de adoptantes:

1. Innovadores: se anticipan a otros miembros de su sistema social en la adopción de ideas nuevas. Suponen el 2,5% de los adoptantes.
2. Líderes de opinión con alta influencia en su sistema social. Suponen el próximo 13,5% de los adoptantes.
3. Primera mayoría: número mayor de unidades de adopción que acogen las nuevas ideas y las divulgan entre los adoptantes potenciales. Constituyen el siguiente 34 % de los adoptantes
4. Mayoría tardía: unidades de adopción de carácter más escéptico y que adopta una innovación des-

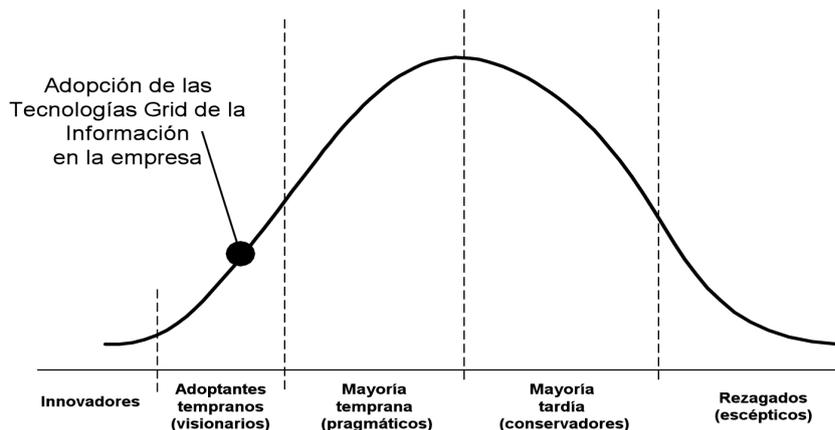
pués de que ésta haya sido probada en un alto número de experiencias de éxito. Supone el posterior 34 % de adoptantes.

5. Rezagados: se resisten a los cambios y se aferran a la tradición. Suponen el último 16 % de los adoptantes. La figura 3 recoge esta clasificación de las unidades de adopción según Rogers (1962, 1983).

Posteriormente, diversos trabajos han constatado que las tecnologías de Internet se han adoptado en la empresa a través de distintos niveles. Por ejemplo, Teo y Pian (2003, 2004) proponen cinco niveles de adopción de las tecnologías Web: 1) nivel 0, correo electrónico; 2) nivel 1, presencia en Internet; 3) nivel 2, prospección; 4) nivel 3, integración y 5) nivel 4, transformación del negocio. Nambisan y Wang (1999) proponen tres niveles de adopción de las tecnologías Web: 1) acceso a la información; 2) trabajo colaborativo y 3) núcleo de transacciones empresariales. Hoque (2000) indica que la empresa, al adoptar Internet, puede hacerlo mediante cuatro niveles distintos: 1) escaparate (*brochureware*); 2) comercio electrónico (*e-commerce*); 3) *e-business* y 4) empresa electrónica (*e-enterprise*) o empresa cuyos procesos y modelo de negocio se basan totalmente en Internet. La figura 4 muestra los distintos niveles de adopción Web propuesto por estos autores y la equivalencia entre ellos.

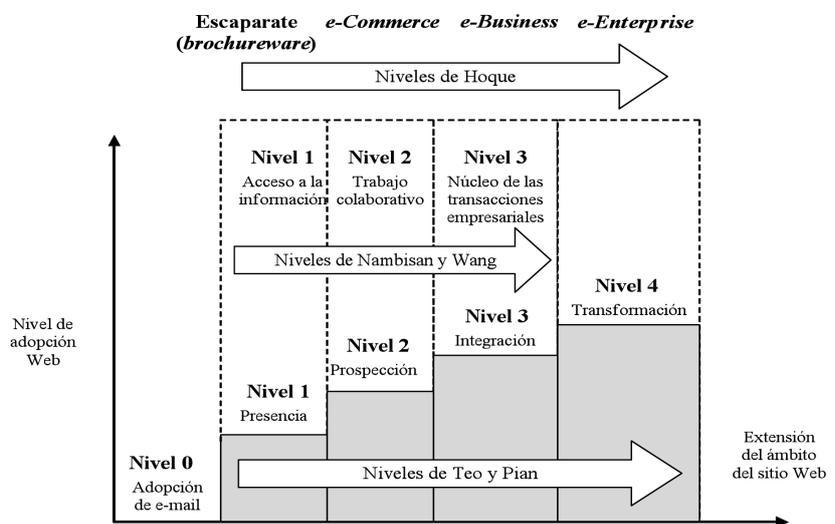
Siguiendo la misma lógica de los niveles de adopción Web y a partir de la taxonomía expuesta en el apartado anterior, nosotros proponemos distintos niveles de adopción de las Tecnologías Grid de la Información en la empresa. En el nivel cero, sin ser consideradas como Tecnologías Grid, se situarían aquellas empresas que comienzan a utilizar *Clusters* con finalidad experimental o departamental, así como los *Clusters* interdepartamentales. En el nivel 1 se sitúan los *Cluster Grid* o IntraGrid. En el nivel 2, las empresas que disponen de IntraGrid. En el nivel 3 se situarían aquellas empresas que comienzan a utilizar una ExtraGrid. Por último, en el nivel 4, se situarían las grandes empresas que implementan un Grid muy amplio o InterGrid.

En el cuadro 1 se resumen los distintos niveles de adopción de las Tecnologías Grid de la Información. Tenemos en cuenta, además, si cada uno de los niveles



**FIGURA 3**  
**CARACTERIZACIÓN DE LAS UNIDADES DE ADOPCIÓN EN EL TIEMPO**

FUENTE:  
 Rogers(1965, 1983).



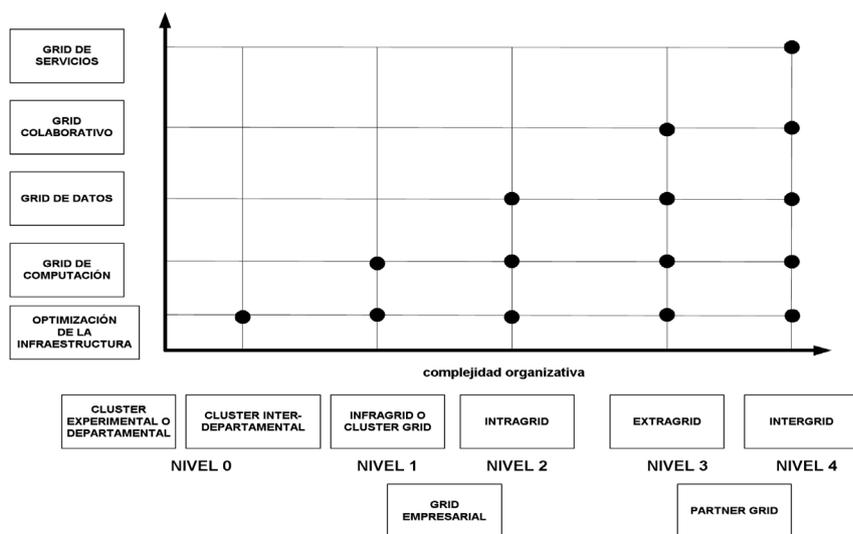
**FIGURA 4**  
**NIVELES DE ADOPCIÓN WEB**

FUENTE:  
 Elaboración propia a partir de Teo y Pain (2003,2004);  
 Nambisan y Wang (199) y Hoque (2000).

**CUADRO 1**  
**NIVELES DE ADOPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS GRID DE LA INFORMACIÓN**

Nivel	Denominación	Descripción	Tecnología Grid de la Información
Nivel 0A	Cluster Experimental	Número reducido de ordenadores en configuración de <i>clusters</i> que se utilizan sólo con finalidad experimental	NO
Nivel 0B	Cluster Departamental	Ordenadores en configuración de <i>clusters</i> con finalidad operativa en un ámbito departamental en una red de área local	NO
Nivel 0C	Cluster Interdepartamental	Ordenadores en configuración de <i>clusters</i> con finalidad operativa en un ámbito que implica a varios departamentos en una red de área local	NO
Nivel 1	InfraGrid o Cluster Grid	Ordenadores en configuración de <i>clusters</i> con finalidad operativa en un ámbito que implica a varios departamentos en una red de área extensa	SI
Nivel 2	IntraGrid	Herramientas Grid que agrupan a un elevado número de recursos con finalidad operativa en el ámbito interno de la organización	SI
Nivel 3	ExtraGrid	Herramientas Grid que agrupan a un elevado número de recursos con finalidad operativa permitiendo la interacción con otras organizaciones con las que existen estrechos vínculos y que también aportan recursos	SI
Nivel 4	InterGrid	Herramientas Grid que agrupan a un enorme número de recursos de organizaciones heterogéneas entre las que no necesariamente existen estrechos vínculos y que conforman una red de ámbito global	SI

FUENTE: Elaboración propia.



**FIGURA 5**  
**REJILLA DE NIVELES DE ADOPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS GRID DE LA INFORMACIÓN Y FUNCIONALIDADES**

FUENTE:  
 Elaboración propia.

de adopción podría encuadrarse, dentro de la definición de Tecnología Grid de la Información que hemos proporcionado al principio de este trabajo.

La figura 5 recoge gráficamente la relación previsible entre los distintos niveles de adopción de las Tecnologías Grid de la Información y la funcionalidad que se alcanzaría en cada nivel. Así, los *clusters* experimentales, departamentales o interdepartamentales tendrán como función principal la optimización de la infraestructura TIC de la empresa. Las InfraGrid añaden funcionalidades de Grid de computación. En la IntraGrid aumenta la complejidad organizativa y, por tanto, también aumenta la complejidad de la infraestructura TIC de la empresa, debiendo satisfacer funciones más complejas, como la gestión de grandes cantidades de datos distribuidos. En la ExtraGrid, la empresa se abre a sus socios comerciales, añadiendo funciones de colaboración. Por último, la InterGrid añade las funcionalidades de plataforma amplia de servicios.

**CONCLUSIONES** ↓

En este trabajo hemos realizado una breve revisión del estado actual de las diversas aplicaciones de las Tecnologías Grid de la Información en el ámbito empresarial. Como primer paso, necesario para entender las implicaciones organizativas de cualquier nueva tecnología, hemos propuesto una definición de las Tecnologías Grid de la Información y una clasificación que puede ser útil tanto desde el punto de vista de la práctica empresarial como de la investigación académica en el campo de la gestión y análisis de las TICs. Además, hemos puesto de manifiesto que las Tecnologías Grid de la Información pueden estar sujetas a una gradación en su aplicación real (niveles de adopción). Esta gradación puede ser la base para entender, medir, y también predecir, las pautas de adopción de este tipo de tecnologías por parte de las organizaciones de nuestro país.

Como se ha puesto de manifiesto en este artículo, las tecnologías Grid de la Información, en cualquiera de sus vertientes, pueden tener un efecto sustancial en los criterios de eficacia y eficiencia organizativa que se revelan como elementos clave en el ámbito de la gestión. Un mayor y mejor conocimiento de esta nueva alternativa tecnológica puede acarrear ciertas ventajas en el medio y largo plazo a las empresas que sean capaces de aprovechar sus potencialidades. Sin embargo, es en este punto (conocimiento y uso de la nueva tecnología) donde las empresas españolas muestran sus mayores debilidades.

Según algunos análisis (Oracle, 2005), las empresas españolas se sitúan en una posición rezagada en lo que se refiere a la adopción y puesta en marcha de las tecnologías Grid. Un dato aún más esclarecedor es que el ratio de crecimiento del conocimiento (y consecuentemente de la adopción) de estas tecnologías es menor al que se registra en otros países de Europa y se sitúa aún más lejos de los avances que se producen en países punteros del Sureste Asiático.

Esta situación de escaso conocimiento y baja aplicación de esta tecnología puede ser un síntoma de que la tecnología Grid todavía se enfrenta a diversos interrogantes, como la falta de desarrollos estándares y de fácil implementación o la competencia que, a modo de tecnología sustitutiva, supone un abaratamiento exponencial de los equipos de supercomputación actuales. También se atisban algunos otros inconvenientes relacionados con problemas de carácter cultural más que técnico, entre los que destacan los recelos de muchas empresas a compartir, o ceder, parte de sus capacidades de análisis, cálculo o de prestación de servicios a entidades externas, aun cuando eso suponga un incremento consustancial de las ventajas en eficiencia interna.

A pesar de estos inconvenientes, las tecnologías Grid han demostrado con creces que suponen una alternativa segura y eficiente para un creciente número

de finalidades empresariales. De hecho, comienzan a ser muy conocidos los casos de éxito en el ámbito del diseño industrial, el control de calidad, el análisis del comportamiento del consumidor, el análisis de riesgos financieros, el *rendering* industrial y la producción multimedia. El número creciente de casos de éxito así como la multiplicación de iniciativas empresariales dentro y fuera de España serán, sin lugar a dudas, elementos que facilitarán que las distintas vertientes Grid puedan cruzar airosas «el abismo» que aparece entre una nueva aplicación tecnológica de futuro incierto y una tecnología clave de uso creciente (Moore, 1991, 1995).

Con este artículo, en su faceta de iniciativa de divulgación de esta nueva opción tecnológica, hemos tratado de dar un paso más en el conocimiento y difusión de la tecnología Grid como alternativa tecnológica válida también para las empresas de nuestro entorno.

**(\*) Los autores agradecen el apoyo de la Consejería de Educación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía en la financiación del proyecto de investigación de Excelencia P6-SEJ-1694, en el cual se enmarca este trabajo.**

## NOTAS

- [1] En marzo de 2007, la compañía Oracle adquirió la empresa TangoSol, una innovadora y joven empresa que había diseñado un *middleware* muy eficiente para que diferentes dispositivos de una red compartiesen memoria. Mediante esta técnica es posible replicar bases de datos en la nueva unidad virtual de memoria compartida, y ganar velocidad de acceso con respecto a los discos duros tradicionales. Oracle, con esta adquisición reforzaba su posición como proveedor de Tecnologías Grid de la Información con la finalidad de gestionar grandes cantidades de datos distribuidos (*Data Grid*).
- [2] La empresa Google es actualmente uno de los mayores proveedores de servicios en Internet. Continuamente incorpora, mediante la adquisición de otras empresas, nuevos servicios que ofrece gratuitamente a los usuarios. Por ejemplo, el innovador servicio de Google Earth partió de un desarrollo inicial de la empresa Keyhole que fue adquirida por Google en octubre de 2004. Posteriormente, a finales de 2006, Google adquirió la empresa YouTube, fundada tan sólo 29 meses antes, para posicionarse como el principal proveedor de servicios de carga y descarga de vídeos en Internet.

## BIBLIOGRAFÍA

ABBAS, A. (2004): «Grid Computing Technology-An Overview», en *Grid Computing: A Practical Guide to Technology and Applications*, Charles River Media, Hingham, Massachusetts, pp. 43-73.

BERSTIS, V. (2002): «Fundamentals of Grid Computing», Redbooks paper, IBM Corporation International Technical Support Organization, Austin, Texas. Obtenido de <http://ibm.com/redbooks>, Septiembre de 2004.

BUYA, R.; BRANSON, K.; GIDDY, J. y ABRAMSON, D. (2003): «The Virtual Laboratory: Enabling Molecular Modeling for Drug Design on the World Wide Grid», *Concurrency and Computation: Prac-*

*tice and Experience (CCPE) Journal*, vol. 15, nº. 1, pp. 1-25. Obtenido de <http://www.buyya.com>, 8 de febrero de 2006.

FERREIRA, L. *et al.* (2003): «Introduction to Grid Computing with Globus», Redbooks, IBM, International Technical Support Organization, Austin, Texas. Obtenido de <http://ibm.com/redbooks>, 12 de septiembre de 2004.

FOSTER, I. (2002): «What is The Grid? A three point checklist», *GRID Today*. Obtenido de [www.globus.org/research/papers.html](http://www.globus.org/research/papers.html), 5 de septiembre de 2004.

FOSTER, I. y KESSELMAN, C. (1999a): «Computational Grids», en *The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure*, Morgan-Kaufman Publishers, San Francisco, pp. 15-51.

FOSTER, I. y KESSELMAN, C. (1999b): «The Globus Toolkit», en *The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure*, Morgan-Kaufman Publishers, San Francisco, pp. 259-278.

FOSTER, I. y KESSELMAN, C. (2004): «Concepts and Architecture», en *The Grid2: Blueprint for a New Computing Infrastructure*, Morgan-Kaufman Publishers, San Francisco, pp. 37-63.

FOSTER, I.; KESSELMAN, C.; y TUECKE, S. (2001): «The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations», *International Journal of Supercomputer Applications*, vol. 5, nº 3, pp. 200-222.

GARCÍA, I. y MUNILLA, E. (2004): «E-Business Colaborativo», Fundación Confemetal, Madrid.

GENZSCH, W. (2004): «Grid Computing Adoption in Research and Industry», en *Grid Computing: A Practical Guide to Technology and Applications*. Charles River Media, Hingham, Massachusetts, pp. 309-339.

GRAHAM, G.; CAVANAUGH, R.; COUVARES, P.; DE SMET, A. y LIVNY, M. (2004): «Distributed Data Analysis: Federated Computing for High-Energy Physics», en *The Grid2: Blueprint for a New Computing Infrastructure*, Morgan-Kaufman Publishers, San Francisco, pp. 37-63.

HAECKEL, S.H. (1999): «Adaptive Enterprise: Creating and Leading Sense-And-Respond Organizations», Harvard Business School Press, Boston.

HOQUE, F. (2000): «e-Enterprise. Business models, architecture, and components», Cambridge University Press, Cambridge.

JOSEPH J. y FELLESTEIN C. (2004): «Grid Computing», IBM Press, On Demand Series, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.

JOSEPH J.; ERNEST, M. y FELLESTEIN, C. (2004): «Evolution of grid computing, architecture and grid adoption models», *IBM Systems Journal*, Vol. 43, Nº 4, pp. 624-645. Obtenido de <http://www.research.ibm.com/journal/sj/434/joseph.pdf>, 5 de Enero de 2005.

KLEINROCK, L. (1996): «Nomadicity: anytime, anywhere in a disconnected world», *Mobile Networks and Applications*, vol. 1, nº 4, pp. 351-357.

MARCO, J. (2002): «Grid y e-Ciencia», *Boletín de RedIRIS*, nº 61, pp. 16-23.

MARCUS, R. (2002): «Great Global Grid: Emerging Technology Strategies», Trafford Publishing, Victoria, Canada.

MOORE, G. A. (1991): «Crossing the Chasm», HaperCollins, New York.

MOORE, G. A. (1995): «Inside the Tornado: Marketing Strategies from Silicon Valley's Cutting Edge», HaperCollins, New York.

NAMBISAN, S. y WANG, Y. M. (1999): «Roadblocks to Web technology adoption», *Communications of the ACM*, vol. 42, nº 1, pp. 98-101.

OLIVEROS, E.; FRANCÉS, S.; FERNÁNDEZ, M.L.; SÁNCHEZ, A. y DEL CAMPO, M. (2005): «Akogrino: acceso al conocimiento a través de una red Grid en un mundo móvil», *Comunicaciones de Telefónica I+D*, Nº 36, pp. 7-20.

ORACLE (2005): «Oracle Grid Index Report. Mapping the global journey to Grid Computing», Oracle. Obtenido de: <http://www.oracle.com/global/eu/pressroom/emeagridreport3.pdf>, 10 de febrero de 2006.

PORTER, M. E. (1980): «Competitive Strategy», Free Press, New York.

ROGERS, E. M. (1962): «Diffusion of Innovations», Free Press, New York.

Rogers, E. M. (1983): «Diffusion of Innovations», 3th ed., Free Press, New York.

TEO, T. S. H. y PIAN, Y. (2003): «A contingency perspective on Internet adoption and competitive advantage», *European Journal of Information Systems*, nº 12, pp. 78-92.

TEO, T. S. H. y PIAN, Y. (2004): «A model for Web adoption», *Information & Management*, nº 41, pp. 457-468.

TIRLER, R., *et al.* (Expert Group), (2003): «Next Generation Grid (s): European Grid Research 2005-2010», Expert Group Report, Information Society-DG, Grids for Complex Problem Solving, Comisión Europea, Bruselas.

WEISER, M. (1993): «Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing», *Communications of the ACM*, Nº 7, Vol. 36, pp. 74-84.