

# **Marco Teórico de las Tecnologías de Información y Comunicación en las Redes Virtuales de Fabricación Global**

**José Ramón Vilana Arto**  
**Carlos Rodríguez Monroy**  
Universidad Politécnica de Madrid

## **RESUMEN**

El objeto de este trabajo es diseñar un mapa de necesidades dinámicas de las tecnologías de la información y comunicación (TICs) en las redes virtuales de fabricación global (RVFGs). Estas organizaciones constituyen sistemas dinámicos en continuo cambio, donde se establecen relaciones de tipo horizontal y vertical entre empresas independientes o incluso competidores, donde no es necesario mantener internamente grandes recursos fabriles sino gestionar y compartir eficientemente los recursos de la red. Las TICs juegan un papel fundamental en la eficiencia de esta gestión y coordinación de las RVFGs, aunque su implantación es compleja al tener que superar la barrera emocional que supone integrar tecnologías de comunicación e información entre empresas competidoras. En los últimos años, el crecimiento de Internet ha resultado en parte estas dificultades al permitir aplicar técnicas como la fabricación colaborativa o las mallas de fabricación y que en algunos sectores se están implantando cada vez más como el de los ordenadores, astronomía o bioinformática. Sin embargo, apenas existen modelos que contemplen las relaciones horizontales entre empresas, principalmente competidoras, al ignorar factores fundamentales que pueden actuar, como elementos catalizadores de la armonización necesaria en estas redes como son los mecanismos culturales o la estrategia sistémica en la red.

**Palabras claves:** Redes Virtuales de Fabricación Global, mallas de fabricación, tecnología multiagente.

## **ABSTRACT**

The aim of this paper is to design a map of needs of Information and Communications Technologies (ICTs) in Global Manufacturing Virtual Networks (GMVNs). These organizations are constantly changing dynamic systems where horizontal and vertical relationships are established between independent enterprises, or even competitors, where it is not necessary to maintain large internal manufacturing resources but efficiently manage and share network resources. ICTs play a key role in the efficiency of the management and coordination of GMVNs, although its implementation is complicated due to the need to overcome the emotional barriers of integrating ICTs between competing firms. In recent years, Internet growth has solved some of these difficulties by allowing implementing some technologies such as collaborative manufacturing or manufacturing grids that in some sectors are increasingly being implemented like computing, astronomy, or bioinformatics. However, actually there is not any implemented model that considers horizontal relationships between firms, especially competitors, and contemplates its fundamental factors for the harmonization of these networks such as cultural mechanisms or systemic strategy in the network.

**Keywords:** Global Manufacturing Virtual Networks, manufacturing grids, multiagent technology

## **1. INTRODUCCIÓN**

Hoy en día, para conseguir la eficiencia que exige el mercado a las redes de empresas son necesarias una serie de herramientas que utilicen la información disponible en la red como soporte de decisiones a nivel global para optimizar la utilización de los recursos y gestionar eficientemente cualquier conflicto interorganizacional.

Dentro del contexto de las RVFGs, son necesarias plataformas que permitan ejecutar decisiones a nivel de red que optimicen la utilización de los recursos y puedan resolver cualquier posible conflicto interorganizacional. Muchos autores han abordado este problema sin que exista aún una plataforma universal con un grado de implantación alto. Una recopilación de las TICs utilizadas en las colaboraciones entre empresas aparece en Liu y Shi (2008) y en Shen et al. (2006). Otras aportaciones que recogen las arquitecturas, marcos conceptuales, herramientas informáticas y modelos de referencia empleados en mejorar la interoperabilidad en redes de empresas son los trabajos de Chituc et al. (2008, 2009) y Camarinha et al. (2009, 2006) y Chen et al. (2008).

Para estudiar las necesidades de las TICs en las RVFGs se va a seguir el esquema de la figura 1. Se analizará la dinámica del funcionamiento de las RVFGs bajo dos perspectivas: las relaciones verticales que existen entre actores de la red que tienen cierta analogía con las cadenas de suministro y las relaciones horizontales de la red más orientadas, sobre todo, al uso compartido de recursos en la red.



**Figura 1: Esquema de Estudio de Necesidades de las TICs en las RVFGs**

Para analizar la primera perspectiva se utilizará la analogía de ésta con los que muchos autores han denominado redes globales de suministro (ej.: Jiao et al, 2006; Monostori et al., 2006). Mientras que en la segunda se utilizará la perspectiva de las organizaciones virtuales (ej.: Camarinha et al., 2009 o Chituc et al., 2009). Las propuestas de TICs en las redes globales de suministro que han aparecido con más fuerza en los últimos años se basan en los sistemas de inteligencia artificial distribuida como la tecnología de sistemas multiagente o la fabricación holónica. En cambio, dentro de las organizaciones virtuales, sobre todo en lo referente a utilización de recursos en la red de manera dinámica, las aportaciones más interesantes están relacionadas con las mallas de fabricación (Liu y Shi, 2008).

Las tecnologías actuales no pueden cumplir las demandas de colaboración y disponibilidad de recursos o no pueden suministrar las relaciones flexibles y dinámicas necesarias en las RVFGs. Afortunadamente, dos tecnologías que han crecido mucho en los últimos años: las mallas de fabricación y la tecnología basada en sistemas multiagente, además de la fabricación holónica, permiten abordar este problema al permitir compartir y optimizar los recursos de fabricación que pertenecen a diferentes compañías y usar protocolos e interfaces estándar y abiertos para satisfacer los requerimientos individuales de recursos compartidos y resolución de problemas en colaboración.

## **2. COMPONENTE DINÁMICA DE LAS RVFGs EN SUS RELACIONES HORIZONTALES: LAS ORGANIZACIONES VIRTUALES.**

Las relaciones horizontales, dentro del entorno de las RVFGs, se basan en la colaboración con otros actores fabricantes de la red, en muchos casos competidores, donde los beneficios que se obtienen de la colaboración son muy superiores a los riesgos inherentes a la misma. Una de las aplicaciones más interesantes dentro de esta dimensión horizontal de las relaciones de la dinámica de las RVFGs se refiere a la posibilidad del uso compartido de recursos en la red disponibles para todos los miembros de la misma. Bajo esta perspectiva, una empresa puede utilizar equipos desocupados que pertenecen a otros actores de la red para responder al mercado rápidamente y así

ahorrar elevadas inversiones de equipo mientras que los propietarios del equipo pueden optimizar el uso de sus equipos desocupados.

Este componente horizontal dentro de la dinámica de las RVFGs tiene una gran analogía con lo que algunos autores denominan organizaciones virtuales y que han crecido mucho en algunos sectores como la biotecnología, aeronáutica, electrónica o química (Liu y Shi, 2008). Una organización virtual es una organización temporal cuyo principal activo es la posibilidad de formar rápidamente un consorcio de empresas ad-hoc para cada oportunidad de negocio. Estas organizaciones están formadas por una gran variedad de empresas independientes, geográficamente distribuidas y heterogéneas en relación a su entorno operativo, cultura, capital social y objetivos (Monostori et al., 2006). Según Chen et al. (2008), tienen una naturaleza dinámica y poco estable donde comparten las capacidades y competencias de diferentes empresas sin que ningún actor en la red juegue un papel central. Se caracterizan fundamentalmente por las relaciones horizontales entre empresas y pueden abarcar varios sectores. El entorno en el que las redes de empresas colaboran y compiten es denominado en la literatura de diferentes maneras como, por ejemplo, “Entorno de Red Económico Colaborativo-Competitivo” (Collaborative-Competitive Economic Networked Environment; Chituc et al., 2009) o “Entorno de Desarrollo de Empresas Virtuales (Virtual Enterprise Breeding Environment; Osorio, 2008). Cuando una oportunidad de negocio se identifica, una serie de empresas pertenecientes a ese entorno virtual se juntan para colaborar en un proyecto específico y formar lo que Chituc et al (2008) denominan red de colaboración y Osorio (2008) se refiere como Empresas Virtuales.

En la tabla 1 se resumen las iniciativas privadas de redes de colaboraciones de empresas, así como sus aportaciones más interesantes.

Iniciativa	Descripción	Sectores	TICs	Tipo de Relaciones	Tipo de Dirección
<b>RosettaNet</b>	Estándares universales en cadenas globales de suministro de industrias de alta tecnología para gestionar un gran número de procesos de negocio entre empresas independientes.	Electrónica de consumo, ordenadores, semiconductores, telecomunicaciones y logística.	Servicios de mensajería múltiple: ebMS (ebXML Messaging Service), Web services y AS/2	Fundamentalmente verticales	No aplicable
<b>ebXML (Electronic Business Extensible Markup Language)</b>	Protocolo de comunicación estándar para el intercambio de mensajes para facilitar el comercio electrónico de todo tipo de empresas.	Aplicable a cualquier sector	Los mensajes se basan en XML. La transmisión se basa en el estándar SOAP.	Principalmente horizontales	No existe
<b>Virtual Enterprises Network (VEN)</b>	Red de empresas cuyo principal objetivo es permitir a pequeñas y medianas empresas competir en grandes contratos que no podrían abordar aisladamente. Cuando esto ocurre, se forma una agrupación de empresas ad-hoc para ese proyecto de duración temporal.	Medicina, alimentación y bebidas, químico y construcción	Software propio (VENabled™) que soporta las operaciones de la fábrica virtual que conforma la red de empresas	Horizontales	Comité de dirección con el poder de contratar suministradores de servicios a la red y admitir, sancionar o echar a miembros de la misma.
<b>CibFw (Collaboration Interoperability Framework)</b>	Marco conceptual desarrollado por Chituc et al. (2009) donde se propone conseguir la interoperabilidad completa en las redes de empresas.	Aplicable a cualquier sector	XML, SOAP	Principalmente horizontales	Figura del facilitador del negocio (business enabler) cuando surge una oportunidad de negocio con la misión de coordinar el proyecto.
<b>papiNet (www.papinet.org)</b>	Iniciativa de comercio electrónico dentro de la industria del papel. Su objetivo es facilitar el flujo de información entre participantes de su cadena de suministro	Papel	Documentos basados en XML. Es compatible con ebMS, aunque soporta el protocolo FTP.	Verticales	No existe
<b>Virtuelle Fabrik</b>	Red de pequeñas y medianas empresas basada en fabricación y diseño de productos distribuidos entre los miembros de la red. Está formada por más de 90 empresas de Suiza y Alemania	Sector metal-mecánico	Portal web basado en intranet y una infraestructura de información y organización denominado Werbcorp obligatorio para todos los participantes.	Principalmente horizontales	Está gobernado por un comité ejecutivo formado por cinco miembros y un presidente. Aparece la figura del agente que actúa como coordinador de un proyecto una vez detectado.
<b>CIDX (Chemical Industry Data Exchange)</b>	Busca mejorar la velocidad, el coste y la seguridad del comercio electrónico en la industria química.	Industria química	Se basa en estándares XML de comercio electrónico denominados Chem Standard	Verticales	No existe

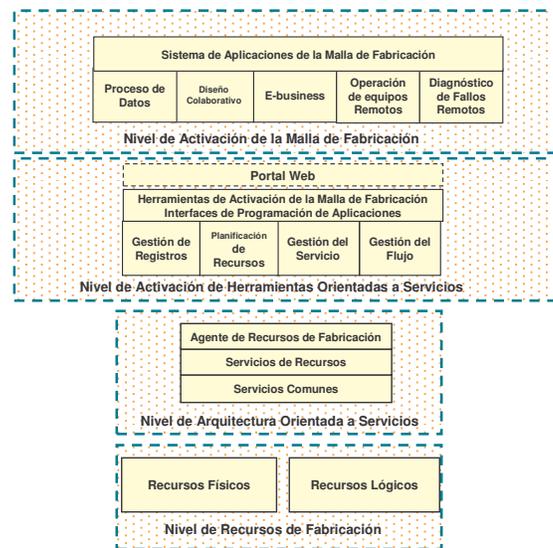
**Tabla 1: Iniciativas privadas de redes de colaboración de empresas**

Dentro del entorno de las RVFGs, la característica dinámica se traduce en la posibilidad de poder incorporar a la red (y abandonar) cualquier recurso fabril sin necesidad de recompilar el sistema. Algunas propuestas basadas en arquitecturas orientadas a servicios o servicio de Web resultan incompletas a la hora de garantizar la dinámica del sistema debido a la necesidad de recompilar todo el sistema. La aportación más interesante en este campo es la tecnología basada en malla (grid) o lo que muchos autores denominan Mallas de Fabricación (Manufacturing Grids; Liu y Shi, 2008).

### 3. LAS MALLAS DE FABRICACIÓN COMO SOPORTE DE LAS RELACIONES HORIZONTALES EN LAS RVFGS

La tecnología en malla intenta conectar todos los recursos disponibles en la red como ordenadores, bases de datos, aplicaciones, máquinas herramienta y otros recursos de una manera conjunta para procesar los datos rápidamente o resolver un problema en colaboración. El concepto de malla se ha aplicado ampliamente en los campos de los ordenadores, la astronomía o la bioinformática (Liu y Shi, 2008).

En una malla de fabricación se pueden gestionar recursos lógicos como memoria, datos, aplicaciones o unidades de proceso y recursos físicos como máquinas herramientas de control numérico, las cuales tienen un gran número de variables como las condiciones de trabajo, las especificaciones de las máquinas, el tipo de piezas que puede mecanizar (materiales, dimensiones), su tolerancia, grado de precisión, etc. Si un usuario requiere este tipo de recursos en la red necesitará conocer toda esta información antes de decidir utilizarlo. En una malla de fabricación cada recurso es un servicio disponible que puede ser fácilmente añadido o eliminado de la malla por su propietario en cualquier momento. Las tecnologías usadas son Open Grids Services Architecture (OGSA), Simple Object Access Protocol (SOAP), Web Services Definition Language (WSDL), Globus Toolkit 3, XML y STEP.



**Figura 2: Arquitectura de una Malla de Fabricación basada en Servicio Web**

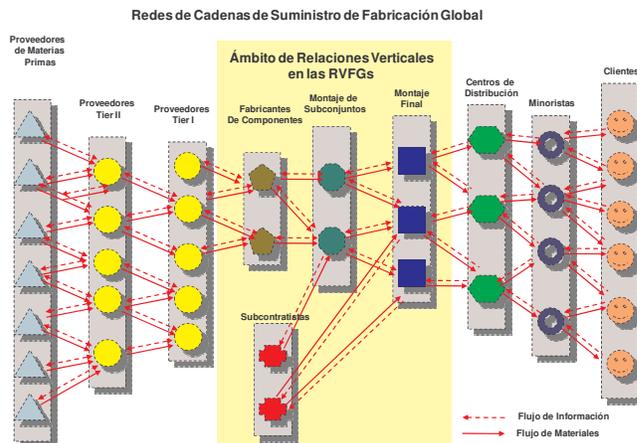
La dinámica de las mallas de fabricación aplicada a las RVFGs tiene un potencial enorme. Un actor de la red, por ejemplo, puede ofrecer sus recursos con bajo nivel de ocupación y así optimizar su inversión. Por otro lado, otros actores de la red, pueden ahorrarse elevadas inversiones al poder utilizar bienes de equipo cuya adquisición no podrían afrontar aisladamente. La tecnología de malla permite a un usuario potencial que encuentre un recurso que necesite y esté disponible en la red, después de pasar por un proceso de autenticación, activar ese servicio para operar y controlar el equipo a través de internet como si fuera suyo. Esta tecnología también permite de una manera sencilla a cualquier propietario de un recurso, publicar sus servicios en la red o darlo de baja sin reprogramar el sistema completo, así como permitir acceder a la red a cualquier empresa nueva.

La evolución de las TICs en las RVFGs debería contemplar toda la casuística de éstas incluyendo las redes basadas en compartir recursos en la red y en las que cada actor fabrica de manera sincronizada uno o varios componentes de un producto final. Por eso, las TICs en las RVFGs buscarán sistemas donde converjan tecnologías basadas en multiagente y las mallas de fabricación.

### 4. COMPONENTE DINÁMICA DE LAS RVFGS EN SUS RELACIONES VERTICALES: LAS REDES GLOBALES DE SUMINISTRO

Las relaciones verticales en una RVFG se refieren, fundamentalmente, a las que se desarrollan entre los actores de la red que participan en la fabricación de un producto específico incluyendo las diferentes fases de fabricación y el montaje final del mismo. Bajo esta perspectiva, se contemplan aspectos clásicos dentro del estudio de las cadenas de suministro como la arquitectura del propio producto, el lead time de entrega de cada uno de sus componentes, la sincronización de sus flujos de materiales, el control de inventarios o la negociación y contratación de los suministros de materias primas.

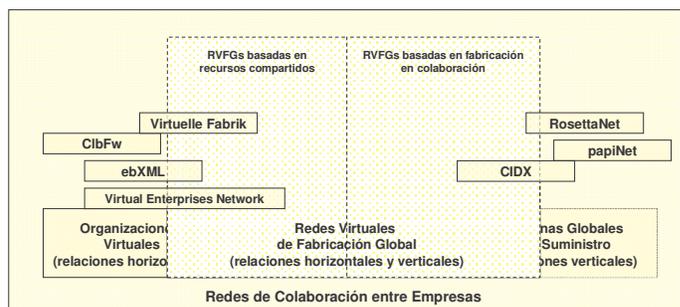
Como muchas de estas relaciones verticales se establecen entre competidores, su eficacia es fundamental para el éxito de las RVFGs. Cuando varios OEMs competidores en un mercado se alían para colaborar en la fabricación de un producto o servicio determinado, la problemática que surge en la dinámica de la relación además de la típica de una cadena de suministro tiene que ver con factores como la confianza entre sus actores, el miedo a conductas oportunistas, el potencial conflicto de objetivos o la transferencia no deseada de conocimiento implícito.



**Figura 3: Redes Globales de Suministro**

Las redes globales de suministro son redes de proveedores, fábricas, subcontratistas, almacenes, centros de distribución y detallistas a través de la cual las materias primas son adquiridas, transformadas, producidas y suministradas a los clientes finales que se relacionan en una estructura multipunto, tal y como se indican en el gráfico adaptado de Jiao et al. (2006) de la figura 3, donde predominan fundamentalmente las relaciones de tipo vertical dentro de un mismo sector.

En el gráfico de la figura 4 se resume este planteamiento y la tendencia de las tecnologías de comunicación e Información en las RVFGs.



**Figura 4: Tecnologías de la Información y Comunicación según la naturaleza de las relaciones en las redes de empresas**

## 5. LA TECNOLOGÍA MULTIAGENTE EN LAS RVFGS

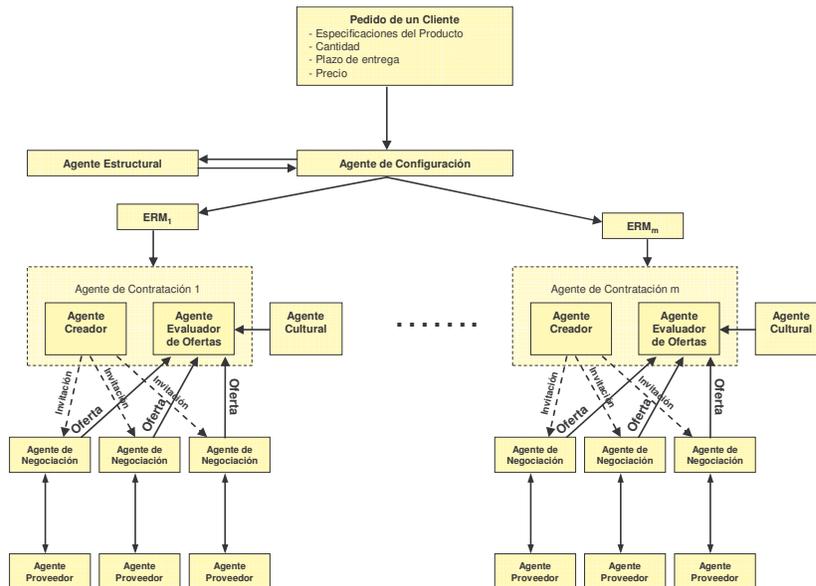
Una de las características principales de las redes globales de suministro y por analogía las RVFGs con un fuerte componente de relaciones verticales es su gran dinamismo debido al entorno de continuos cambios imprevistos en el que se desarrollan. Por ello, los sistemas deterministas basados en mecanismos centralizados no pueden gestionar complejos sistemas como estas organizaciones. Por lo que las RVFGs con un fuerte componente de relaciones verticales deberían tratarse como sistemas complejos adaptativos similar a la tecnología multiagente.

Un agente se puede definir como un sistema de software que se comunica y coopera con otros sistemas de software para resolver problemas complejos que están más allá de la capacidad de cada sistema de software individual (Shen et al., 2006). Debería ser capaz de actuar sin la intervención directa del ser humano u otros agentes, y tener control de sus propias acciones y estados. Los agentes son autónomos, cooperativos, proactivos y adaptativos (Shen et al., 2006). Estos sistemas son capaces de resolver problemas de ajustes de la demanda al suministrar y asignar recursos dinámicamente en tiempo real, reconocer oportunidades, tendencias y potenciales, así como llevar a cabo negociaciones y coordinación (Monostori et al., 2006).

Dentro del entorno de las RVFGs, los agentes pueden representar todo tipo de recursos fabriles como máquinas herramientas de control numérico o robots hasta células o incluso plantas de fabricación. También puede haber agentes funcionales como agentes de producción encargados de gestionar la planificación de producción y el inventario de trabajo en curso; agentes de materiales para gestionar el inventario, pedidos y recepción de materias primas o agentes de compras para gestionar la negociación con los proveedores entre otros.

En una RVFG, todos los participantes colaboran, negocian y compiten entre ellos para conseguir una funcionalidad global desconocida hasta ahora. La tecnología multiagente facilitaría la integración de la RVFG con una estructura multipunto donde cada nodo utiliza su propio procedimiento de toma de decisiones trabajando independientemente o de una manera cooperativa e interactiva para resolver problemas en un entorno descentralizado.

Para la coordinación de las RVFGs, los mecanismos de negociación se convierten en elementos clave en el éxito de las mismas. Esto supone una negociación colectiva con múltiples actores de la red. Cuando un fabricante planifica sus requerimientos de material para cumplimentar un pedido necesita llevar a cabo varios procesos de negociación simultáneos para llegar a formalizar un conjunto de contratos con sus suministradores. Como resultado, cada negociación debe estar sincronizada con las otras a través de la cadena de suministro generando un problema de negociación colectivo de varios contratos a nivel de red.



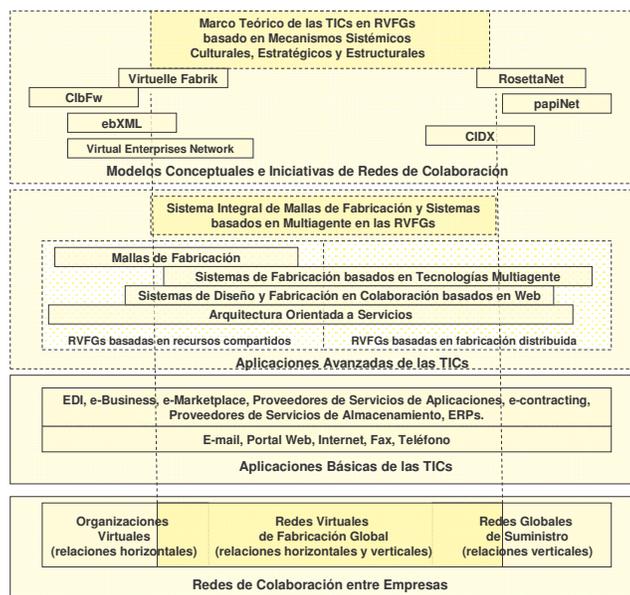
**Figura 5: Tecnología de la Información y Comunicación basada en un sistema multiagente coordinado mediante negociación en una RVFG**

La figura 5 representa un modelo de negociación multicontrato en una RVFG basado en tecnología multiagente. Este modelo permite negociación multicontrato y coordinación de procesos múltiples de negociación para mejorar el rendimiento general y para conseguir un conjunto de contratos que son consistentes y coherentes con el objetivo último de cumplimentar el pedido del cliente.

La dinámica que necesitan las RVFGs plantea un dilema fundamental y que puede condicionar el éxito de la misma. Las RVFGs a diferencia de las redes globales de suministro están compuestas por empresas que, en muchos casos, son competidores directos. Por lo que si se establece un modelo de TICs sin barreras de entrada ni salida entre sus actores se corre el peligro de conductas oportunistas que menoscaben la confianza en el sistema. En cambio, si se opta por algún sistema de gobierno en la red, que controle este tipo de conductas, se corre el riesgo de perder flexibilidad y evolucionar a tipologías de red jerarquizadas o centralizadas.

La tecnología de sistemas multiagente coordinada mediante mecanismos de negociación entre agentes distribuidos y heterogéneos parece la más apropiada para abordar este dilema. Sin embargo, este planteamiento aún no soluciona el problema de las potenciales conductas oportunistas debido a las bajas barrera de entrada y salida, y a la naturaleza dual de colaboración y competición de sus actores. Es necesario que las TICs en las RVFGs incluyan una serie de mecanismos que resuelvan este problema.

La figura 6 muestra un resumen de las TICs en las redes de colaboración de empresas vistas hasta ahora. Este gráfico parte de la consideración de las RVFGs como un híbrido entre organizaciones virtuales y redes globales de suministro. Las mallas de fabricación son aplicaciones avanzadas que encajan muy bien con las necesidades de las RVFGs basadas en compartir recursos sobre todo por el carácter dinámico de su arquitectura al permitir darse de alta y baja nuevos miembros sin tener que reconfigurar el sistema. Mientras que los sistemas de fabricación basados en tecnología multiagente satisfacen gran parte de las necesidades de las RVFGs basadas en fabricación compartida por su capacidad de gestionar pedidos en tiempo real en un entorno distribuido. Sin embargo, aún no existe un sistema integral donde converjan ambas tecnologías que contemple y satisfaga de forma eficiente y global toda la casuística de las RVFGs.



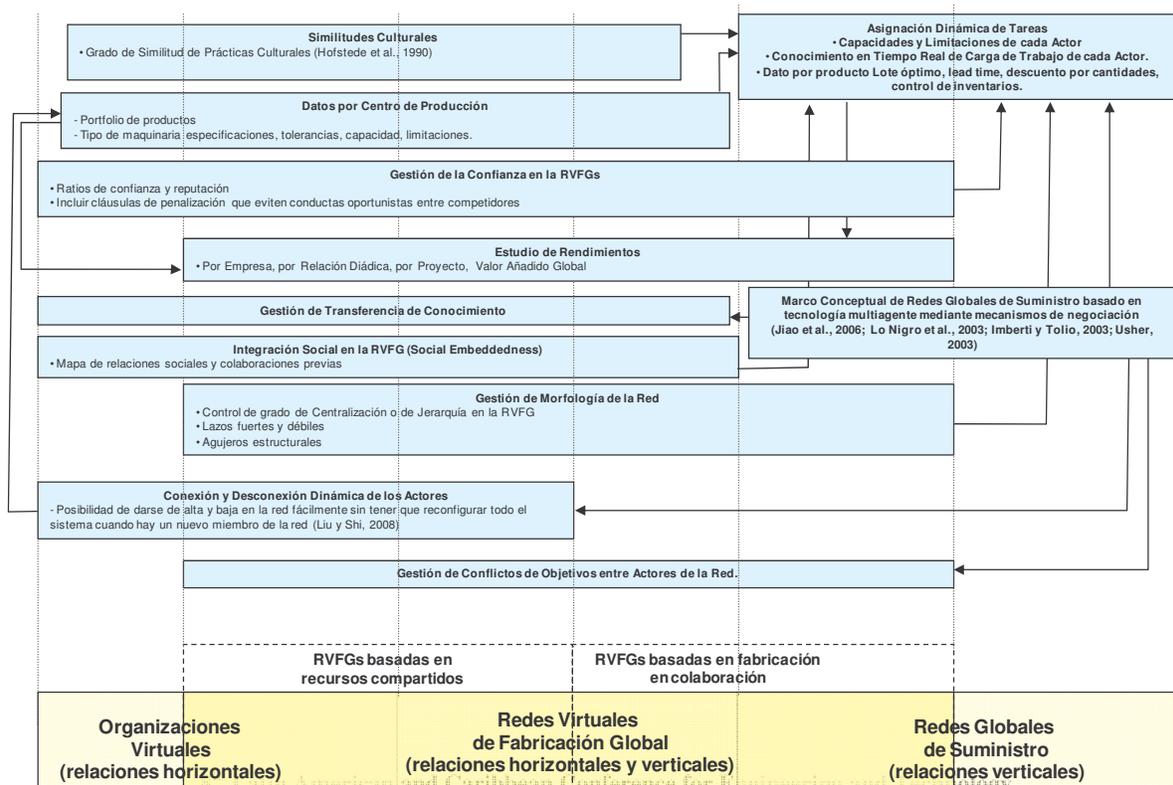
**Figura 6: Arquitectura de las TICs de una RVFG**

**6. MAPA DE NECESIDADES DINAMICAS DE LAS TICs EN LAS RVFGs**

A la hora de modelizar las TICs en las redes de colaboración de empresas varios autores (ej.: Jiao et al., 2006) sugieren que la próxima generación de sistemas de fabricación se basará en nuevas estrategias de redes globales de fabricación formadas por unidades autoorganizadas y autónomas.

En la figura 7 se resume un mapa de necesidades indicando qué aspectos deberían incluir las TICs en las RVFGs. El punto de partida son los trabajos de Jiao et al. (2006), Lo Nigro et al. (2003) y Imberti y Tolio (2003) donde se propone un modelo conceptual de redes globales de suministro basado en tecnología multiagente con mecanismos de negociación como elemento coordinador de la misma. Este sistema de negociación multicontrato, ante un pedido de un cliente, permite gestionar en tiempo real y simultáneamente todos los posibles contratos existentes en la red para elegir aquellos que maximizan los contratos individuales y el contrato global. En principio, este modelo conceptual se aplica a redes globales de suministro (ubicación en el lado derecho del mapa) aunque también es perfectamente aplicable a RVFGs con fuerte componente de relaciones verticales. El resultado principal de este modelo será la asignación dinámica de tareas en tiempo real aunque ésta no sólo deberá ser una consecuencia del resultado de los mecanismos de negociación de la teoría multiagente, sino que a diferencia del modelo original propuesto por Jiao et al., (2006) tendrá una serie de factores como la integración social (social embeddedness), la morfología de la red (agujeros estructurales, lazos fuertes y débiles, tipología no centralizada), la gestión de la confianza y la reputación o las similitudes culturales. Posteriormente, el resultado de esa asignación dinámica de tareas en la red permitirá obtener en tiempo real ratios de rendimiento por actor, relación o la utilidad obtenida a nivel sistémico. Nótese que este modelo parte de relaciones fundamentalmente verticales (redes globales de suministro) y va incorporando elementos más relacionados con las RVFGs o las organizaciones virtuales. Por último, dos aspectos que deben también contemplar las TICs en las RVFGs es la conexión y desconexión dinámica de cualquier actor de la red, sin tener que reconfigurar el sistema, desarrollado fundamentalmente por la tecnología de mallas de fabricación (Liu y Shi, 2008) y la gestión de conflictos de objetivos entre los actores de la red sobre todo si son competidores.

### MAPA DE NECESIDADES DINAMICAS EN LAS RVFGs



## Figura 7: Mapa de Necesidades Dinámicas en las RVFGs

### 7. CONCLUSIONES

La mayoría de los autores que han abordado la implantación de TICs en redes de colaboración de empresas, redes de suministro o RVFGs coinciden en la importancia del carácter dinámico de estos sistemas que permitan fácilmente incorporar y salir a los actores de una manera flexible. De todas maneras, esta premisa en las RVFGs presenta una serie de particularidades ya que muchos de sus actores son competidores. Este aspecto unido a la dinámica que se exige a estas organizaciones puede constituir precisamente un catalizador de conductas oportunistas de los colaboradores/competidores de la RVFGs. Por eso, es necesario complementar las TICs con mecanismos que minimicen o impidan conductas oportunistas entre sus actores. Existen muchos trabajos que puntualmente abordan este tema a la hora de modelizar las TICs dentro de las redes de colaboración de empresas como el estudio sobre confianza de Huynh et al. (2004) o el trabajo sobre reputación de Saint Germain et al. (2007). De todos modos, no existe, actualmente, ninguna propuesta de un modelo con una visión holística de este problema.

Las TICs juegan un papel fundamental al constituir uno de los mecanismos más efectivos en la coordinación de las necesidades dinámicas de las RVFGs. Su influencia en la red puede sintetizarse en tres aportaciones:

1. Una primera aportación se plantea como herramienta de mejora de la eficiencia de sus operaciones. Aunque las tecnologías actuales no pueden cumplir las necesidades de colaboración y disponibilidad de recursos, ni suministrar las relaciones flexibles y dinámicas necesarias en las RVFGs, dos tecnologías que han crecido mucho en los últimos años, las mallas de fabricación y la tecnología basada en sistemas multiagente, permiten abordar este problema. La tecnología de mallas de fabricación permite soportar entornos muy dinámicos donde los actores pueden compartir los recursos disponibles en la red, así como conectarse y desconectarse fácilmente sin reconfigurar el sistema. La tecnología multiagente coordinada mediante sistemas de negociación permite responder rápidamente a los cambios dinámicos del entorno donde cada nodo utiliza su propio procedimiento de toma de decisiones, trabajando independientemente pero de una manera cooperativa e interactiva para resolver problemas en un entorno descentralizado. Una plataforma que integre ambas tecnologías, sin duda, resolvería gran parte de la casuística que se plantea en las RVFGs.
2. Una segunda aportación de las TICs puede satisfacer la necesidad de una serie de mecanismos culturales que minimicen o impidan conductas oportunistas de los actores. Ello es debido a las bajas barreras de entrada y salida de las RVFGs y a la naturaleza dual de colaboración y competición de sus actores. En el mapa de necesidades de las TICs propuesto se incluyen una serie de mecanismos que contemplan estos factores “blandos” en estas organizaciones.
3. Por último, las TICs pueden utilizarse como plataforma de control mediante unos mecanismos estructurales con el objeto de evitar o minimizar una excesiva acumulación de poder tácito en la red, donde unos pocos actores busquen posiciones centralizadas con muchos lazos débiles y agujeros estructurales cada vez mayores que menoscaban la confianza en la red.

El mapa de necesidades propuesto supone una guía para el desarrollo de un futuro modelo de las TICs en las RVFGs, que sin duda será una de las organizaciones que crecerán con más fuerza en los próximos años.

### REFERENCIAS

- Camarinha-Matos, L.M., Afsarmanesh, H., Galeano N., Molina A., 2009. Collaborative networked organizations – Concepts and practice in manufacturing enterprises. *Computers & Industrial Engineering*, doi:10.1016/j.cie.2008.11.024
- Camarinha-Matos, L. M., Afsarmanesh, H., 2006. Knowledge Enterprise: Intelligent Strategies In Product Design, Manufacturing, and Management. International Federation for Information Processing (IFIP), Volume 207, eds. K. Wang, Kovacs G., Wozny M., Fang M., (Boston: Springer), pp. 26-40.
- Chen D., Doumeingts G., Vernadat F., 2008. Architectures for enterprise integration and interoperability: Past, present and future. *Computers in Industry* 59 647–659.
- Chituc C.M., Azevedo A., Toscano C., 2009. A framework proposal for seamless interoperability in a collaborative network environment. *Computers in Industry*.
- Chituc C.M., Toscazo C., Azevedo A., 2008. Interoperability in Collaborative Networks: Independent and industry-specific initiatives – The case of the footwear industry. *Computers in Industry* 59 741–757.
- Chituc C.M., Toscano C., Azevedo A., 2007. Towards seamless interoperability in collaborative networks, in: L. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh, P. Novais, C. Analide (Eds.), *Establishing the Foundation of Collaborative Networks*, vol. 243, 2007, pp. 445–452.
- Hofstede, G., Neuijen, B., Ohayv, D., Sanders, G., 1990. Measuring Organizational Cultures: A Qualitative and Quantitative Study Across Twenty Cases. *Administrative Science Quarterly*, Vol. 35, No. 2, June, pp. 286-316
- Huynh, T.D., Jennings, N.R., Shadbolt, N., 2004. Fire: An integrated trust and reputation model for open multi-agent systems. In *Proceedings of 16th European conference on artificial intelligence*, pp. 18–22. Valencia, Spain.
- Imberti, L., Tolio, T., 2003. Manufacturing planner agents in network enterprises, *IJATM* 3 3/4 315–327.
- Jiao. J.R., Xiao Y., Arun K., 2006. An agent-based framework for collaborative negotiation in the global manufacturing supply chain network *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 22 239–255
- Liu, Q., Shi, Y., J., 2008. Grid manufacturing for cross-enterprise. *Int J Adv Manuf Technol* 36:205–212.
- Lo Nigro, G., La Diega, N., Perrone, G., Renna P., 2003. Coordination policies to support decision making in distributed production planning, *RCIM* 19 6 521–531.
- Monostori, L., Vánca, J., Kumara, S., 2006. Agent-Based Systems for Manufacturing. *Annals of the CIRP* Vol. 55, 2.
- Osório, L., Camarinha-Matos, L.M., 2008. Distributed process execution in collaborative networks. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 24 2008 647–655
- Saint Germain B., Valckenaers P., Verstraete P., Brussel H.V., 2007. A multi-agent supply network control framework. *Control Engineering Practice* 15 2007 1394–1402
- Shen, W., Hao, Q., Yoon, H.J., Norrie, D.H., 2006. Applications of agent-based systems in intelligent manufacturing: An updated review. *Advanced Engineering Informatics* 20 415–431
- Surana, A., Kumara, S.R.T., Greaves, M., Raghavan, U.N., 2005. Supply-Chain Networks: A Complex Adaptive Systems Perspective, *Int. Journal of Production Research*, 43/20: 4235–4265.

### ***Autorización y Renuncia***

*Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en los procedimientos de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito*