



Cuadernos de Gestión

ISSN: 1131-6837

belen.vallejo@ehu.es

Universidad del País Vasco/Euskal Herriko

Unibertsitatea

España

Vilana Arto, José Ramón; Rodríguez Monroy, Carlos
Dinámica de las Redes Virtuales de Fabricación Global en la Industria Aeronáutica
Cuadernos de Gestión, vol. 11, núm. 2, 2011, pp. 111-126
Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea
Vizcaya, España

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=274320119006>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Dinámica de las Redes Virtuales de Fabricación Global en la Industria Aeronáutica

JOSÉ RAMÓN VILANA ARTO¹

CARLOS RODRÍGUEZ MONROY¹

Universidad Politécnica de Madrid (España)

Recibido el 13 de abril de 2010 y aceptado el 17 de septiembre de 2010

Nº de clasificación JEL: L10

DOI: 10.5295/cdg.100231jv

Resumen:

Las redes virtuales de fabricación global (RVFGs) están formadas por empresas independientes las cuales establecen entre sí relaciones de tipo horizontal y vertical, pudiendo incluso ser competidores, donde no es necesario mantener internamente grandes recursos fabriles sino gestionar y compartir eficientemente los recursos de la red. Sin embargo, los riesgos inherentes de estas redes de colaboración, entre OEMs competidores y proveedores también son numerosos. Para evitar esto, los OEMs utilizan una serie de mecanismos estructurales como los posicionamientos centralizados en la red o el uso de los agujeros estructurales para así conseguir mantener un poder tácito en la RVFG. Este trabajo demostrará cómo se gestiona el poder en estas organizaciones y la importancia de estos mecanismos mediante un estudio cuantitativo en uno de los sectores donde más han crecido las RVFGs, la industria de fabricación de motores aeronáuticos.

Palabras clave:

Redes virtuales de fabricación global, agujeros estructurales, industria aeronáutica.

Abstract:

Global manufacturing virtual networks (GMVNs) constitute a new type of organization based on vertical and horizontal relations between independent companies or even competitors where it is not needed to maintain internal manufacturing resources but to manage and share the network resources. The result is a highly flexible system characterized by low barriers to entry and exit, geographic flexibility, low costs, rapid technological diffusion, high diversification through contract manufacturers and exceptional economies of scale and specialization. Within GMVNs, relations are established among Original Equipment Manufacturers (OEMs), component suppliers performing at the same level as the OEMs under formulas such as Risk and Revenue Sharing Partnership (RRSP), or even manufacturers from another industrial sectors. However, the inherent risk of working with competitors is also very relevant. In order to avoid these problems, the OEMs use a variety of structural mechanisms like the utilization of central network positioning, structural holes or indirect links with peripheral actors, in order to be able to maintain a tacit power over other GMVN actors. This work will demonstrate how power is managed in these organizations and the importance of these mechanisms through a quantitative study in one of the sectors where GMVNs have more intensively grown, the manufacturing industry of aircraft engines. This study will permit to know, in a clear manner, how these networks work, to give perspective to one of the organization types that have grown to a great extent over the past years.

Keywords:

Global Manufacturing Virtual Networks, structural holes, aeronautical industry.

¹ Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Ingeniería de Organización, Administración de Empresas y Estadística, C/ José Gutiérrez Abascal, 2; 28006 – Madrid. Email: jrvajrva@gmail.com crmonroy@etsii.upm

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, el concepto de fábrica o centro de producción es cada vez más ambiguo. En algunas industrias como la aeronáutica, electrónica o automoción están apareciendo las redes virtuales de fabricación global (RVFG) basadas en un innovador modelo de arquitectura de fabricación con un gran potencial de desarrollo para satisfacer un mercado muy exigente y fragmentado (Shi et al., 2005). Este tipo de redes no se basa pues en la propiedad de ciertos recursos propios que condicionan lo que se puede producir, cuándo y cuánto, sino en gestionar y compartir los recursos de la red. En las RVFGs se establecen relaciones de tipo horizontal entre fabricantes originales de equipos (OEMs), muchos de ellos competidores; antiguos proveedores de componentes que pasan a colaborar al mismo nivel con que los OEMs mediante fórmulas como la participación en riesgos y beneficios (RRSP: Risk and Revenue Sharing Partnership).

Sin embargo, aunque el potencial de estas organizaciones es evidente también existen una serie de inconvenientes que deberán ser resueltos si quieren garantizar su propia supervivencia. Una característica fundamental de las RVFGs son las relaciones de tipo horizontal entre sus miembros, en muchos casos competidores directos, que deciden colaborar en un proyecto de fabricación de un producto o servicio determinado aunque en otros proyectos u otras fases de sus cadenas de valor compiten agresivamente.

No obstante, a pesar de los beneficios indudables de estas redes, existen muchos riesgos inherentes en las colaboraciones horizontales con competidores y antiguos proveedores como la transferencia tecnológica no deseada (Arruñada y Vázquez, 2006), la falta de convergencia de las estrategias de sus actores (Park y Ungsson, 2001) o las diferencias en sus prácticas culturales (Hofstede, 2009).

La paradoja característica de las RVFGs entre el indudable interés de sus actores en la colaboración y los riesgos inherentes de las mismas puede ser resuelta mediante el empleo de ciertos mecanismos estructurales por parte de sus actores como el posicionamiento centralizado en la red a cargo de los OEMs como herramienta de poder tácito (Burt, 1992), la búsqueda de colaboraciones muy estrechas con muchos lazos fuertes y directos entre los proveedores para mejorar la confianza (Gulati y Gargulio, 1999), o el empleo de lazos indirectos y débiles con muchos agujeros estructurales a cargo de los nuevos actores para conseguir acceso a conocimiento tácito y proveer innovación a la red (Ahuja, 2000). En este trabajo se demostrará cómo el uso de estos mecanismos estructurales es una herramienta muy eficiente y frecuente en una de las industrias donde más se han implantado este tipo de organizaciones: la industria de fabricación de motores aeronáuticos.

2. ANTECEDENTES

A finales de los años 80 y comienzos de los 90, debido a la intensa y creciente demanda del mercado global, muchas empresas estudiaron seriamente considerar los beneficios de las redes de fabricación interconectadas. Al principio, fueron consolidándose redes internas de fabricación donde varios centros fabriles pertenecientes a una misma empresa matriz se interconectan como fue el caso de Ericsson Radio Systems (Rudberg y West, 2001), Hewlett-Packard (Lee y Billington, 1995) o Procter & Gamble (Camm et al., 1997). En este tipo de redes, las relaciones con empresas externas o ajenas a la propia organización era

muy limitada por lo que el grado de “virtualización” de la red era prácticamente nulo. Sin embargo, en los últimos años, están apareciendo las redes virtuales de fabricación global (RVFGs) formadas por redes de fabricación externas con colaboraciones entre competidores y proveedores para satisfacer una demanda muy exigente y fragmentada del mercado.

Muchos investigadores han estudiado este fenómeno desde diferentes perspectivas. Bajo una perspectiva estratégica, las RVFGs siguen unos patrones diferentes al enfoque tradicional “porteriano” (Porter, 1996) de la búsqueda de un equilibrio de fuerzas en el sector para conseguir una ventaja competitiva sostenible en el tiempo. Debido al fuerte componente de relaciones horizontales entre competidores que existe en estas redes, los investigadores han buscado nuevas vías como la “coopetición” (Nalebuf y Branderburger, 1996), los mecanismos estructurales (Chen & Yao, 2003) o los mecanismos emocionales (Zeng y Chen, 2003). Otros autores analizan la búsqueda de una ventaja competitiva a nivel de red con una visión holística de la misma donde el encaje de sus actividades según una combinación de competencias específicas de los actores de la red permite que las RVFGs compitan eficientemente en el mercado (Hoopes et al., 2003). Una variante de este enfoque es lo que Doz y Hamel (1998) denominaron “co-especialización” al proponer que los actores deberían especializarse en actividades complementarias a las de otros miembros de la red para evitar redundancias o solapamientos excesivos y optimizar la creación de valor en la red (Vilana y Rodríguez-Monroy, 2009).

En los últimos años, se han publicado varios trabajos muy relevantes sobre este tipo de organizaciones. Liu y Shi (2008) analizan cómo coordinar la utilización de los recursos heterogéneos de fabricación, independientes y distribuidos por toda la red mediante mallas de fabricación. Jiao et al. (2006) proponen un modelo conceptual de RVFGs gestionado mediante tecnología multiagente con mecanismos de negociación como elemento coordinador de la misma. También es interesante la propuesta de Camarinha et al. (2009) de un modelo conceptual de organización de las tecnologías de información y comunicación necesarias en este tipo de organizaciones. Sturgeon (2002), Williams et al., (2001) y Johansen y Comstock (2005), entre otros, han analizado el valor añadido que se obtiene de la desintegración de la cadena de valor y aspectos estructurales en este tipo de redes. Mientras que otros autores como Shi y Gregory (2001) o Rudberg y Olhager (2008) han estudiado sus diferentes posicionamientos estratégicos.

3. LA IMPORTANCIA DE LOS LAZOS DÉBILES, LOS LAZOS INDIRECTOS Y LOS AGUJEROS ESTRUCTURALES EN LA DINÁMICA DE LAS RVFGS

Gulati y Gargulio (1999) y Ahuja (2000) destacan tres aspectos fundamentales a la hora de constituir redes de colaboración de empresas y que, sin duda, también condicionan la dinámica de las RVFGs: los lazos fuertes y débiles, los lazos directos e indirectos y lo que Burt (1992) denominó agujeros estructurales. Para estudiar la dinámica de los actores de las RVFGs se clasificarán éstos según su naturaleza: 1) los fabricantes originales de productos (OEMs), 2) los proveedores de subconjuntos o fabricantes subcontratados y 3) los nuevos actores de la red.

El OEM constituye el principal catalizador de la formación de las RVFGs. Es a partir de su decisión de externalizar sus procesos fabriles internos cuando surgen las relaciones con otros actores para ir poco a poco conformando la red. Esta pérdida voluntaria del poder que tradicio-

nalmente ejercía el OEM en relación a los proveedores condicionará la dinámica de la RVFG, la cual dependerá de la gestión del poder en estas organizaciones, y se debe a diversas causas.

Dentro de este contexto, se entiende por proveedores a los fabricantes subcontratados y proveedores de subconjuntos que mantenían hasta hace poco con los OEMs relaciones fundamentalmente de tipo vertical y que empiezan a ganar un mayor protagonismo en la red al colaborar más estrechamente con los OEMs. Aunque también tendrán que asumir un mayor riesgo financiero y tecnológico en los proyectos que participen.

Por último, los nuevos actores en la red se dividen en dos grupos: 1) las grandes corporaciones industriales que hasta ahora no tenían mucha presencia empiezan a colaborar en estos proyectos como el caso de Mitsubishi Heavy Industries o Honda en la industria de motores aeronáuticos y 2) los fabricantes de países emergentes o tecnológicamente menos avanzados. En ambos casos el interés de estos nuevos actores en participar en las RVFGs es acceder a tecnología y conocimiento tácito de los grandes OEMs, los cuales, a su vez, también tienen interés en estas colaboraciones para acceder a otros mercados mediante estrategias de compensación (Williams et al., 2001).

4.1. Dinámica de los OEMs en las RVFGs

Aunque los OEMs pierden protagonismo en la red al establecer colaboraciones horizontales con proveedores mediante fórmulas como joint ventures o RRSPs (Risk and Revenue Sharing Partners), éstos ejercerán un poder tácito en la RVFG mediante posicionamientos centralizados en la red. La relación entre la centralidad en las redes de empresas con el poder que estas empresas ejercen ha sido ha sido corroborada por numerosos autores (ej.: Gulati y Gargulio, 1999; Bonacich, 1987; Stuart, 1998). Por lo que una manera que utilizarán los OEMs para compensar la pérdida voluntaria de poder en las RVFGs será mediante el ejercicio de un poder tácito basado en posicionamientos centralizados en la red.

Hipótesis 1: Los OEMs en las RVFGs ocupan posiciones más centralizadas que otros actores de la red como los proveedores o los nuevos actores.

Los agujeros estructurales son vacíos en los flujos de información entre socios conectados al mismo actor pero no conectados el uno al otro. Este fenómeno indica que los actores a ambos lados del agujero estructural tienen acceso a diferentes flujos de información (Dittrich et al., 2007). Las estructuras abiertas con muchos agujeros estructurales permiten evitar redundancias y acceder a fuentes de información innovadoras. Mientras que en redes con pocos agujeros estructurales se reducen las posibilidades de conductas oportunistas entre sus actores, consiguiendo una mayor productividad en la colaboración bajo la perspectiva de una utilización compartida de recursos, aunque el acceso a información será menor. La existencia de agujeros estructurales constituye un factor fundamental para conseguir una red de información eficiente y una posición privilegiada para el actor nodal del agujero estructural al constituir un potente mecanismo de poder tácito, tal y como han corroborado muchos autores (ej.: Gulati y Sytch, 2008; Lechner et al., 2006). Luego, los OEMs utilizarán los agujeros estructurales como fuente de innovación en la red y como mecanismos de poder tácito en las RVFGs.

Hipótesis 2: Los OEMs en las RVFGs tienen un número mayor de agujeros estructurales que otros actores de la red como los proveedores o los nuevos actores.

4.2. Dinámica de los Proveedores

En las RVFGs, el peligro de canibalización de roles entre el proveedor y los OEM es evidente. La confianza en ambas direcciones será el principal motor de su dinámica en la red. Esta confianza provocará que los OEMs reduzcan al máximo sus recursos fabriles restringiéndolos únicamente a la fabricación de prototipos o productos innovadores que no se desea subcontratar a la capacidad productiva existente en la red y así poder dedicarse a sus competencias principales. Al mismo tiempo, impulsará a los proveedores a incrementar la flexibilidad de sus instalaciones para poder servir a gran número de OEMs. La antigua relación jerárquica cliente-proveedor desaparece poco a poco, a medida que crece la confianza, para ser sustituida por la de socio o colaborador.

Con el tiempo, el rol del OEM y el proveedor se mimetizan. La “co-especialización” (Doz y Hammel, 1996) y virtualización (Shi et al., 2005) alcanzan la cotas máximas. Habrá sin duda un nuevo equilibrio de fuerzas en la red. También las barreras de entrada de las RVFGs se reducen sensiblemente permitiendo entrar a otros actores en la red que antes no se podían plantear fuertes inversiones en recursos fabriles o alcanzar elevadas economías de escala.

Uno de los factores que más influyen en la confianza en las redes de empresas se debe a la intensidad de las relaciones entre sus actores y vendrá definida por la tipología de la relación, es decir, a los lazos fuertes y débiles de la red. Los lazos fuertes son sin duda uno de los pilares más importantes de la red ya que favorecen la confianza entre sus miembros, permiten compartir recursos y evitan conductas oportunistas (Gulati, 1999). Sin embargo, los lazos débiles, tal y como sugieren Ahuja (2000) o Granovetter (1985), constituyen puentes de unión con otras redes al suponer potentes mecanismos integradores que maximizan la capilaridad y el ratio de cobertura de las relaciones y promueven el flujo de información. Por ello, es importante analizar el equilibrio entre lazos fuertes y débiles. Una red con pocos lazos fuertes significaría una estructura poco consolidada donde no está bien desarrollada la confianza entre sus miembros, no se utiliza eficientemente el potencial de recursos que la red posee y ante cualquier amenaza o inestabilidad generada por el entorno corre el peligro de desintegrarse. Sin embargo, un exceso de lazos fuertes supone relaciones redundantes con solapamientos que no aportan información nueva. Los lazos débiles, por su parte, constituyen mecanismos que previenen la formación de redes endógenas, impermeables al exterior, desinhiben a los actores del aprendizaje interactivo con otros actores y promueven la innovación al darles la oportunidad de buscar otras relaciones en la red a las que no tendrían acceso si estuvieran fuertemente comprometidos en un conjunto estricto y cerrado de relaciones.

Como para los proveedores de las RVFGs el desarrollo de la confianza es un factor clave, es importante que se establezca una red intensa de lazos fuertes y directos entre estos actores limitando el número de agujeros estructurales, aunque eso menoscabe la capacidad de innovación de la red.

Hipótesis 3: Los proveedores en las RVFGs tienen un número mayor de lazos fuertes y directos y un número menor de agujeros estructurales que otros actores de la red para desarrollar la confianza entre sus actores.

4.3. Dinámica de los Nuevos Actores en la Red

Uno de los motivos más relevantes de la participación de los nuevos actores en las RVFGs es el acceso a información tácita y explícita muy relacionado con los lazos directos e indirectos de la red (Gulati, 1999; Ahuja, 2000).

Un lazo directo se define como una colaboración directa entre dos actores, mientras que un lazo indirecto es una colaboración entre dos actores a través de un actor intermedio como mínimo. Los lazos directos permiten compartir recursos físicos, así como acceder a conocimiento tácito y explícito lo que facilita el acceso a las fuentes de innovación disponibles en la red. Aunque su mayor inconveniente es el número limitado de lazos directos que puede mantener un actor y vendrá determinado por su capacidad y recursos internos (Gulati 1999). Los lazos indirectos, en cambio, permiten obtener grandes beneficios sin los elevados costes de mantenimiento de los lazos directos (Ahuja, 2000), ya que suponen un potente mecanismo de transferencia de información y conocimiento explícito, y contribuyen eficazmente a la innovación en la red. Aunque esta disponibilidad de información a través de un lazo indirecto también puede suponer un riesgo debido a la facilidad de acceso a tecnología que los competidores de la red pueden tener. Por lo que, como los nuevos actores de las RVFGs buscan, sobre todo, acceso a conocimiento tácito, se puede afirmar:

Hipótesis 4: Los nuevos actores de las RVFGs tienen muchos lazos débiles, indirectos y un elevado número de agujeros estructurales en comparación con los OEMs y los proveedores de la red.

5. METODOLOGÍA UTILIZADA

Para avalar las hipótesis planteadas se analizará en detalle una de las RVFGs que más ha crecido en los últimos años: la RVFG formada por los fabricantes de motores aeronáuticos. Esta RVFG constituye una organización muy consolidada compuesta por una intensa red de colaboraciones entre sus miembros algunas de las cuales duran más de 40 años y constituye un ejemplo ideal para validar las hipótesis propuestas. Se estudiarán todas las relaciones que existen actualmente en esta industria, desde los grandes programas de fabricación desarrollados por los principales actores del sector como GE o Pratt & Whitney, hasta pequeñas participaciones en la fabricación de un motor desarrolladas por fabricantes de países emergentes como AVIC (China) o HAL (India). Posteriormente, se analizarán los lazos débiles y fuertes de la red, la existencia de agujeros estructurales o el grado de centralización o virtualización de los diversos actores de la red.

5.1. Modelo de Regresión Logística Binaria Logit

Para analizar la influencia de estos factores se propone un modelo que relacione una serie de variables explicativas (ej.: lazos directos, indirectos, centralidad, virtualización o agujeros estructurales) con una variable dependiente, que en este caso es la tipología del

actor, mediante un modelo de regresión logística utilizando la función logit. Los modelos de regresión logística han sido utilizados en varias ocasiones en estudios empíricos sobre redes de empresas utilizando la función logit (Beugelsdijk et al., 2009; Gulati y Sytch, 2008) o probit (Stuart, 1998). Este modelo permite relacionar una serie de variables explicativas, cuantitativas o cualitativas, con una variable dependiente cualitativa que puede ser binaria o multinomial. El objeto de este método es detectar las variables más influyentes en cada una de las tipologías de actor definidas y validar las hipótesis planteadas sobre la estructura y dinámica de las RVFGs. Dussauge y Garrette (1995) tuvieron un planteamiento similar al analizar las colaboraciones de empresas aeronáuticas mediante un análisis cluster que les permitió crear una taxonomía de empresas alrededor de una serie de características estratégicas y organizacionales similares. Aunque en ese caso no existía una variable dependiente con la que relacionar esa homogeneidad en las características de algunos actores.

Para comprobar la bondad del ajuste de cada modelo se han utilizado diversos criterios como el test de la razón de verosimilitud, el test t de Student utilizado para contrastar si cada parámetro individual es significativo estadísticamente, las pseudo- R^2 de Cox y Snell (1989) y Nagelkerke (1991) o la probabilidad de porcentaje de acierto de cada tipología de actor. Para estimar el valor de los coeficientes β y comprobar la influencia de cada variable, se ha aplicado el método de máxima verosimilitud para buscar mediante un método iterativo con el software SPSS 15.0 aquellos valores de los coeficientes con los que se obtiene una mayor probabilidad de la muestra observada.

5.2. **Ámbito**

Este estudio incluye a los fabricantes de motores a reacción de la industria aeronáutica con todas sus variantes como el turborreactor, turbohélice o turbofan. Los actores que se considerarán en este estudio empírico son empresas que establecen relaciones fundamentalmente de tipo horizontal entre sí donde colaboran, y en muchos casos también compiten, en la fabricación de determinados motores. Se excluyen del ámbito de este estudio otras empresas cuya relación es más vertical al pertenecer a otros eslabones de la cadena de valor como los proveedores de componentes, distribuidores o centros de I+D cuya relación con los actores principales de la RVFG es fundamentalmente jerárquica. Sin embargo, se incluyen a proveedores de subconjuntos estructurales siempre que participen activamente como socios de programas de motores o como socios de participación en riesgos y beneficios (*Risk and Revenue Sharing Partner*; RRSP) desde la concepción original de un nuevo proyecto a la fabricación del motor.

5.3. **Tipología de Actores en la Red**

En la RVFG de motores de la industria aeronáutica se detectan claramente tres tipologías de actor cuya estrategia y utilización de los recursos en la red será diferente: los OEMs (Original Equipment Manufacturers), los proveedores de subconjuntos estructurales y los nuevos actores de la red.

• **Actores Tipo 1:** Los OEMs como Pratt & Whitney, Rolls Royce o GE Avio que tradicionalmente fabricaban todos los motores íntegramente en sus instalaciones, empiezan a establecer colaboraciones con otros actores de la red mediante fórmulas como joint ventures o RRSP (*Risk and Revenue Sharing Partner*). Esta pérdida voluntaria del control integral de los programas de motores se debe principalmente para diversificar riesgos financieros y tecnológicos mediante el establecimiento de colaboraciones fundamentalmente con otros OEMs y proveedores de subconjuntos estructurales y para acceder a otros mercados mediante acuerdos con nuevos actores de países emergentes como AVIC (China) o HAL (India).

• **Actores Tipo 2:** Los proveedores de subconjuntos estructurales que mantenían hasta hace poco relaciones fundamentalmente de tipo vertical empiezan a participar en programas de motores como socios RRSP o joint ventures. Esto les permite un mayor protagonismo en la red aunque también tendrán que asumir un mayor riesgo financiero y tecnológico en los proyectos que participen.

• **Actores Tipo 3:** Los nuevos actores en la red se dividen en dos grupos: 1) las grandes corporaciones industriales que hasta ahora no tenían mucha presencia en la industria aeronáutica empiezan a colaborar en estos proyectos para acceder a tecnología y 2) fabricantes de motores de aviones de países emergentes o tecnológicamente menos avanzados.

5.4. Definición de Variables Independientes

Tabla 1
Descripción de Variables

Nombre de Variable	Descripción
NLF_i	Número de lazos fuertes establecidos por el actor i de la red con el resto de actores.
NLD_i	Número de lazos débiles establecidos por el actor i de la red con el resto de actores.
$NLDIR_i$	Número de lazos directos que establece el actor i con otros actores de la red.
$NLDIRNOR_i$	Número de lazos directos normalizado. Se refiere al número de lazos directos que establece el actor i con otros actores de la red en relación al número máximo de lazos directos que podría establecer con todos los actores de la red.
$NLDIRPND_i$	Número de lazos directos que establece el actor i con otros actores de la red ponderados según la fuerza del lazo. Ponderación lazos muy fuertes = 1; lazos fuertes = 0,5; lazos débiles = 0,25 y lazos muy débiles = 0,125.
CA_i	Centralidad del Actor i . Número de lazos directos que establece el actor i con otros actores de la red ponderados según la fuerza del lazo en relación al número máximo de lazos que podría obtener si establecería lazos muy fuertes con todos los actores de la red.
$AGEST_i$	Ratio que mide los agujeros estructurales del actor i medido como cociente entre lazos directos no redundantes y lazos directos totales establecidos por el actor i .
$NLINDER_i$	Número de lazos indirectos de primer nivel del actor i . Es el número de lazos directos que establecen los lazos directos del actor i .
$NPROY_i$	Número de proyectos en los que participa el actor i .

NPROYNO _i	Número de proyectos normalizado. Se refiere al número de proyectos en los que participa el actor <i>i</i> en relación a todos los proyectos de colaboración existentes en la red (%).
VIRT _i	Grado de virtualización del actor <i>i</i> . Recoge el ratio de motores que se realizan en colaboración con otros actores de la RVFG frente a los motores que se fabrican íntegramente en las propias instalaciones del actor <i>i</i> .
MEDIANMTIN _i	Media anual de motores instalados por el actor <i>i</i> .
REN _i	Grado de especialización del actor <i>i</i> alrededor de uno o unos pocos subconjuntos estructurales del motor

Para realizar este estudio se han definido una serie de variables independientes que se incluyen en la tabla 1, así como una breve descripción de las mismas

5.5. Análisis de Datos

La tabla 2 incluye las correlaciones, medias y desviaciones típicas que existen entre las variables y supone un primer acercamiento para analizar los factores más influyentes en la morfología de la red. También permite detectar fuertes correlaciones y evitar problemas de multicolinealidad entre variables explicativas del modelo econométrico que se desarrollará en esta sección.

Tabla 2

Medias, Desviaciones Típicas y Correlaciones de las Variables de la RVFG de la industria de Motores Aeronáuticos

Correlaciones de Pearson												
	Media	Desviación típica	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9
NLF	3,00	3,859	49									
NLD	3,14	2,534	49	0,396								
NLDIR	4,14	5,317	49	,695(**)	,795(**)							
NLDIRPND	2,5009	2,78657	49	,985(**)	,444(*)	,926(**)						
NLND	46,64	36,500	49	,755(**)	,790(**)	,824(**)	,791(**)					
NLNDNLDIRPND	29,7889	32,14971	49	-0,352	0,163	-0,178	-0,324	0,010				
CA	0,0521	0,05764	49	,985(**)	,444(*)	,926(**)	1,000(**)	,791(**)	-0,324			
AGEST	0,6617	0,32957	49	0,047	-0,181	-0,052	0,035	-0,288	-0,020	0,035		
NPROY	7,18	6,183	49	,505(**)	,792(**)	,744(**)	,539(**)	,876(**)	0,127	,539(**)	-0,343	
VIRT	0,4489	0,39278	49	0,067	,476(*)	0,232	0,042	,488(**)	,452(*)	0,042	-,548(**)	,567(**)
MEDIANMTIN	350,2454	333,45264	49	,496(**)	0,093	,404(*)	,516(**)	0,175	-,429(*)	,516(**)	,396(*)	0,016

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

5.6. Resultados del Modelo Logístico Binomial Logit

Las tablas 3, 4 y 5 presentan los resultados de este análisis de regresión logística binomial utilizando una función logit para los actores 1, 2 y 3 respectivamente. En la misma puede observarse la estimación de los coeficientes β_i y su error estimado en paréntesis. Estos coeficientes se pueden interpretar como el cambio que se produce en el término logit al incrementarse en una unidad la variable explicativa asociada. Los modelos presentados son una selección de un análisis mucho más amplio de otros modelos que no han sido in-

cluidos en el estudio por la baja relevancia de los resultados obtenidos ya que sus niveles de significación y ajuste global no eran aceptables. Por otro lado, para evitar problemas de multicolinealidad se ha evitado que en un mismo modelo coincidan variables con valores de correlación elevados.

Tabla 3

Resultados para el actor 1 según el modelo de logística binario logit.

Resultado del Análisis de Regresión Logística Binario Logit*									
Variables	Actor 1								
	Modelo 1a	Modelo 1b	Modelo 1c	Modelo 1d	Modelo 1e	Modelo 1f	Modelo 1g	Modelo 1h	Modelo 1i
Constante	-5,412** (2,271)	0,714 (3,662)	3,209 (4,785)	3,870 (3,526)	0,713 (3,662)	1,069 (0,721)	-1,567 (0,931)	-2,452** (1,229)	-1,783 (1,178)
AGEST	4,192** (2,283)	-2,451 (3,842)	-4,755 (4,984)	-4,074 (3,625)	-2,451 (3,841)				
CA	34,507** (15,056)	61,160** (29,346)	61,045** (28,422)				64,402** (29,613)	188,231** (97,910)	
VIRT		-12,226** (6,069)	-11,707** (5,750)	-6,761 (4,661)	-12,226** (6,069)		-11,402** (6,167)	-10,586 (6,860)	-13,673 (9,039)
REN			-3,654 (4,569)	-2,194 (2,096)		-4,781** (2,276)			
NPROY				0,2939 (0,173)					
NLIND/NLDIR									
NLDIR						0,293** (0,127)			
NLDIRPND					1,274** (0,612)				
NLD									
MEDANMTIN									-0,0005 (0,002)
NLIND									0,166 (0,082)
NLF								-1,944 (1,279)	
Pseudo R-Cuadrado									
Cox y Snell	0,356	0,526	0,546	0,351	0,526	0,327	0,521	0,568	0,575
Nagelkerke	0,492	0,729	0,754	0,485	0,729	0,451	0,721	0,771	0,795
-2 log likelihood	27,105	17,166	16,911	27,332	17,166	28,529	17,586	16,035	13,766
Porcentaje global acertado	78,81%	87,5%	90,6%	84,4%	87,5%	78,1%	84,4%	90,6%	87,5%

*Errores en parentesis

** p < 0,01

*** p < 0,05

**** p < 0,1

elevada centralidad y virtualización y baja especialización en los actores tipo 1, avalando así las hipótesis 1 y 2.

Tabla 4

Resultados para el actor 2 según el modelo de logística binario logit.

Resultado del Análisis de Regresión Logística Binario Logit ^a									
Variables	Actor 2								
	Modelo 2a	Modelo 2b	Modelo 2c	Modelo 2d	Modelo 2e	Modelo 2f	Modelo 2g	Modelo 2h	Modelo 2i
Constante	3,145** (1,588)	3,243*** (1,850)	4,727 (3,798)	5,857 (4,311)	7,516 (5,131)	4,383 (4,791)	-4,074* (1,488)	-5,354** (2,352)	-5,088** (2,261)
AGEST	-9,074* (3,518)	-12,917*** (5,855)	-10,721*** (5,295)	-11,463*** (5,452)	-13,138*** (6,205)	-14,753*** (7,458)			
CA						28,986 (23,951)			
VRT			-1,291 (2,729)	-0,146 (3,314)	0,721 (3,825)	-1,538 (4,512)	4,753* (1,849)	5,708** (2,506)	5,425** (2,351)
REN				-2,610 (4,172)	-3,732 (5,041)	0,380 (6,390)			
NPROY									
NLINDNLDIR					-0,030 (0,030)				
NLDIR									
NLDIRPND									0,182 (0,215)
NLD									
MEDANMTIN									
NLIND									
NLF		0,408 (0,268)						0,166 (0,151)	
Pseudo R-Cuadrado									
Cox y Snell	0,451	0,498	0,455	0,462	0,477	0,498	0,312	0,338	0,327
Nagelkerke	0,694	0,796	0,699	0,710	0,735	0,796	0,480	0,521	0,503
-2 log likelihood	14,428	11,571	14,206	13,779	12,831	11,543	21,634	20,370	20,914
Porcentaje global acertado	87,5%	90,6%	90,6%	90,6%	90,6%	90,6%	84,4%	78,1%	87,5%

^aErrores en parentesis
* p < 0,01
** p < 0,05
*** p < 0,1

En el modelo 2 y sus variantes (2a-2i) de la tabla 4, la variable dependiente toma el valor 1 cuando el resultado es la tipología de actor 2 y 0 cuando se da otra tipología de actor. En este caso destaca la importancia del bajo nivel de agujeros estructurales (coeficiente de variable AGESt con signo negativo) con niveles de significación y ajustes globales del modelo aceptables. Estos resultados refuerzan la hipótesis 3 relativas a la dinámica de estos actores relacionada con la existencia de muchos lazos fuertes y pocos agujeros estructurales. Estos actores establecen colaboraciones fundamentalmente con los grandes fabricantes de motores (tipo 1) y otros proveedores de subconjuntos (tipo 2) muy interconectados entre sí, donde la confianza es un aspecto prioritario.

Tabla 5

Resultados para el actor 3 según el modelo de logística binario logit.

Resultado del Análisis de Regresión Logística Binario Logit ^a									
Variables	Actor 3								
	Modelo 3a	Modelo 3b	Modelo 3c	Modelo 3d	Modelo 3e	Modelo 3f	Modelo 3g	Modelo 3h	Modelo 3i
Constante	-1.820*** (0.999)	0.905 (1.383)	-8.666** (4.642)	-0.076** (4.547)	-11.021** (5.344)	-12.278 (5.879)	-8.588*** (4.571)	-0.788** (3.771)	-8.677** (3.606)
AGEST	2.307*** (1.310)	2.020 (1.468)	11.466** (4.971)	11.241* (4.793)	13.670* (5.327)	14.144** (5.134)	11.341*** (4.888)	9.756* (3.738)	9.834* (3.770)
CA		-74.016** (35.061)	-70.989** (40.172)	-77.837*** (49.897)	-83.236*** (50.256)		-53.987 (45.604)		
VIRT			8.262** (3.967)	9.377** (4.118)	6.760 (4.607)	10.288** (4.975)	8.722*** (4.048)	6.600** (2.641)	8.158* (3.198)
REN					4.526 (3.628)	3.784 (2.786)			
NPROY									-0.224*** (0.124)
NLIND/NLDIR							0.023 (0.019)		
NLDIR									
NLDIRPND									
NLD									
MEDANMITIN									
NLIND				-0.14 (0.038)		-0.077*** (0.034)	-0.20 (0.037)		
NLF									
Pseudo R-Cuadrado									
Cox y Snell	0.106	0.444	0.554	0.577	0.593	0.548	0.558	0.310	0.371
Nagelkerke	0.143	0.599	0.743	0.774	0.796	0.736	0.748	0.416	0.498
-2 log likelihood	40.244	25.042	18.908	16.317	15.100	18.450	17.757	31.95	28.999
Porcentaje global acertado	65.6%	84.4%	87.5%	87.5%	90.6%	87.5%	87.5%	79%	81.3%

^aErrores en parentesis

* p < 0,01

** p < 0,05

*** p < 0,1

Finalmente, en el modelo 3 y sus variantes (3a-3i) de la tabla 5, la variable dependiente toma el valor 1 cuando el resultado es la tipología de actor 3 y 0 cuando se da otra tipología de actor. En este caso el coeficiente asociado a la variable CA (centralidad del actor) siempre toma valores negativos y los agujeros estructurales y la virtualización son altos en todos los casos con niveles de significación buenos y ratios de ajuste del modelo aceptables, tal y como se proponía en la hipótesis 4. Esto refleja el carácter periférico de estos actores que participan en un porcentaje alto de proyectos de la red (virtualización alta) con un nivel de innovación elevado (elevados agujeros estructurales).

6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo, se ha analizado la RVFG de un sector tan innovador y complejo como es el de la industria de motores aeronáuticos. Un análisis del comportamiento de las variables independientes muestra que existen homogeneidades muy elevadas dentro

de cada tipología de actor. La estrategia de los grandes fabricantes de motores (actores tipo 1) ha constituido el catalizador de la formación y crecimiento de la RVFG de la industria de motores aeronáuticos. Por un lado, estos actores intensifican las colaboraciones entre ellos para diversificar los riesgos financieros y tecnológicos que suponen los programas de motor más exigentes como es el caso del motor GP7200 para alimentar el Airbus A380 o el GENx para alimentar el futuro Boeing 787 Dreamliner. También aumentan las colaboraciones de tipo horizontal con sus tradicionales proveedores mediante fórmulas como joint ventures o RRSP (Risk and Revenue Sharing Partner) para diversificar riesgos financieros. Por último, incrementan sus colaboraciones en programas de motor con otros OEMs de países emergentes como el caso de AVIC (China) o HAL (India) como estrategia de compensación para aumentar su presencia en estos mercados. Esta pérdida voluntaria en la fabricación integral de los motores se compensa con un posicionamiento de poder en la red reflejado por los elevados ratios de centralidad y agujeros estructurales que presentan estos actores. Este planteamiento ha sido claramente demostrado en el modelo logístico binomial utilizando una función logit donde las variables de virtualización (VIRT), agujeros estructurales (AGEST), centralidad del actor (CA) y número de lazos directos (NLDIR) toman valores positivos en los modelos propuestos con buenos niveles de significación y ajuste global de los modelos aceptables. Esto demuestra las hipótesis 1 y 2 sobre la existencia de un elevado grado de centralidad y un número elevado de agujeros estructurales respectivamente para los actores tipo 1 de la RVFG.

Los actores tipo 2, los proveedores de subconjuntos estructurales, que mantenían hasta hace poco relaciones fundamentalmente de tipo vertical, ganan más protagonismo en la red al participar cada vez más en programas de motores como socios RRSP o joint ventures aunque también tendrán que asumir un mayor riesgo financiero y tecnológico. Precisamente por ello, son los actores con más interacciones entre ellos minimizando el número de agujeros estructurales lo que mejora la confianza en la red y con mayores ratios de especialización debido a su carácter de proveedor de subconjuntos estructurales. Este comportamiento del actor tipo 2 ha sido claramente demostrado al aplicar el modelo logístico binomial logit donde la variable sobre agujeros estructurales (AGEST) adquiere signo negativo con niveles de significación y bondad general del modelo aceptables, lo que demuestra la hipótesis 3.

Los nuevos actores en la red están formados por fabricantes de motores de aviones de países emergentes o tecnológicamente menos avanzados y grandes corporaciones industriales que hasta ahora no tenían mucha presencia en la industria aeronáutica. En ambos casos su objetivo fundamental es el acceso a tecnología o conocimiento tácito disponible en la red. Esto se observa en el enfoque cuantitativo por el elevado número de lazos indirectos por cada lazo directo, tal y como preveía Ahuja (2000), y en el modelo logístico binomial logit donde la variable sobre centralidad (CA) adquiere signo negativo y las variables de virtualización (VIRT), número de lazos indirectos (NLIND) (modelo 3f) y agujeros estructurales (AGEST) adquieren signo positivo con niveles de significación y bondad general del modelo aceptables, lo que demuestra la hipótesis 4.

Este trabajo avala los resultados de Reagans et al., (2003) que definen como una “red óptima” aquella en la que coinciden elementos de cohesión y rango. Según estos autores, las redes más productivas son aquellas que internamente están muy cohesionadas pero sus conexiones externas están llenas de agujeros estructurales. La RVFG de motores aeronáuti-

cos presenta una estructura muy cohesionada entre los actores tipo 1 y 2, con muchos lazos directos y fuertes y pocos agujeros estructurales entre ellos lo que fomenta la confianza y el acceso a recursos. Mientras que los nuevos actores de la red (tipo 3) presentan muchos agujeros estructurales y lazos débiles lo que fomenta la innovación. También confirma los trabajos de Gulati y Sytch, (2008), Ahuja (2000) y Granovetter (1985) sobre la importancia de un nivel bajo de agujeros estructurales como herramienta para fomentar la confianza, tal y como se ha visto en el comportamiento de los proveedores (actores tipo 2).

Una limitación de este trabajo es el enfoque de la red como una estructura estática, ignorando la información que produciría la incorporación de la variable tiempo. Esta perspectiva permitiría conocer la evolución en el tiempo de algunas características intrínsecas de la red como la tipología de los lazos (ej.: evolución débil-fuerte), los agujeros estructurales, la centralidad o la virtualización de la red lo que nos permitiría hacer una estimación más exacta de su evolución en el futuro.

En definitiva, este tipo de redes no se basará en la posesión de recursos fabriles específicos, sino en la gestión de los recursos disponibles en la red. En consecuencia, los actores de las RVFGs tenderán hacia la “co-especialización”. La participación en todas las etapas de la cadena de valor de un producto ya no será rentable y las empresas tendrán que especializarse en un número de competencias principales complementarias a los otros actores de la red.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHUJA, G. (2000): “Collaboration Networks, Structural Holes, and Innovation: A Longitudinal Study”, *Administrative Science Quarterly*, Vol. 45, No. 3 Sep., pp. 425-455
- ARRUÑADA, B. Y VÁZQUEZ, X. (2006): “When your contract manufacturer becomes your competitor”, *Harvard Business Review*, Vol. 84, No. 9, pp. 135-145.
- BEUGELSDIJK, S.; KOEN, C. Y NOORDERHAVEN, N. (2009): “A dyadic approach to the impact of differences in organizational culture on relationship performance”, *Industrial Marketing Management* 38, 312–323.
- BONACCORSI, A. Y GIURI, P. (2000): “When shakeout doesn’t occur. The evolution of the turboprop engine industry”, *Research Policy* 29, 847–870.
- BRASS, D. J. Y BURKHARDT, M. E. (1992): “Centrality and power in organizations”. In N. Nohria and R. Eccles eds., *Networks and Organizations*: 191-215. Boston: Harvard Business School Press.
- BURT, R. (1992): “Structural Holes: The Social Structure of Competition”. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- CAMARINHA-MATOS L.M.; AFSARMANESH H.; GALEANO N. Y MOLINA A. (2009): “Collaborative networked organizations – Concepts and practice in manufacturing enterprises”. *Computers & Industrial Engineering*, 57, pp 46–60.
- CAMM, J.D.; CHORMAN, T.R.; DILL, F.A.; DENNIS J.R.; SWEENEY, J.; GLENN, H. Y WEGRYN, W. (1997): “Blending OR/MS, judgment, and GIS: Restructuring P&G’s supply chain”, *Interfaces* 27(1), pp 128–142.
- CHEN, X. P. Y YAO, X. (2003): “Sustaining cooperation in public goods dilemmas: Effects of motivational explanations and sanctions”. Paper presented at the annual meeting of the Academy of Management, Seattle.

- COX, D.R. Y SNELL E.J. (1989): "Analysis of binary data (2nd edition)", London: Chapman & Hall.
- DITTRICH, K.; DUYSTERS, G. Y MAND A. (2007): "Strategic repositioning by means of alliance networks: The case of IBM", *Research Policy* 36, 1496–1511
- DOZ Y.L. Y HAMEL G. (1998): "Alliance Advantage". Harvard Business Press, 1998
- DUSSAUGE, P. Y GARRETTE, B. (1995): "Determinants of Success in International Strategic Alliances: Evidence from the Global Aerospace Industry". *Journal of International Business Studies*, Vol. 26, No. 3 pp. 505-530. Palgrave Macmillan Journals
- ESPOSITO, E. (2004): "Strategic alliances and internationalisation in the aircraft manufacturing industry". *Technological Forecasting & Social Change* 71, pp 443–468
- GRANOVETTER, M. (1985): "Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness". *The American Journal of Sociology*, Vol. 91, No. 3, pp. 481-510
- GULATI, R. Y GARGIULO, M. (1999): "Where Do Interorganizational Networks Come From? ". *The American Journal of Sociology*, Vol. 104, No. 5, pp. 1439-1493
- GULATI, R. Y SYTCH, M. (2008): "Does Familiarity Breed Trust? Revisiting the Antecedents of Trust", *Managerial and Decision Economics*, vol 29, pp 165-190.
- HOFSTEDE, G. (2009): "The cultural relativity of organizational practices and theories", Perspective. *Journal of International Business Studies*, Vol. 40, 1589.
- HOOPES, D.G.; MADSEN, T.L. Y WALKER, G. (2003): "Guest Editors Introduction to the Special Issue: Why is There a Resource-Based View? Toward a Theory of Competitive Heterogeneity". *Strategic Management Journal*; 24, pp.889-902.
- 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, pp 239–255
- JOHANSEN, K. Y COMSTOCK, M. (2005): "Coordination in collaborative manufacturing mega-networks: A case study". *Journal of Engineering and Technology Management*, Volume 22, N° 3, pp. 226-244.
- LEE, H.L. Y BILLINGTON, C. (1995): "The evolution of supply-chain management models and practices at Hewlett-Packard". *Interfaces* 25, 5, pp. 42–63.
- LECHNER, C.; DOWLING, M. Y WELPE, I. (2006): "Firm networks and firm development: The role of the relational mix", *Journal of Business Venturing* 21, pp. 514– 540
- LIU Q. Y SHI Y. J. (2008): "Grid manufacturing for cross-enterprise". *Int J Adv Manuf Technol* 36, pp. 205–212.
- NAGELKERKE, N.J. (1991): "A note on a general definition of the coefficient of determination", *Biometrika*, Vol. 78, No. 3, pp. 691-692.
- NALEBUF B.J. Y BRANDENBURGER A.M. (1996): "La compétition, une révolution dans la manière de jouer concurrence et coopération". Village Mondial, Paris.
- PARK S.K. Y UNGSON G.R. (2001): "Interfirm Rivalry and Managerial Complexity: A Conceptual Framework of Alliance Failure. *Organization Science*". Vol. 12, No. 1, pp. 37-53
- PARK, S.H. Y RUSSO, M. (1996): When competition eclipses cooperation: An event history analysis of alliance failure. *Management Science* 42, pp. 875-890.
- PORTER, M. (1996): "What is Strategy?", *Harvard Business Review*, 74 (6), pp. 61-78.
- REAGANS, R.; ZUCKERMAN, E. Y MCEVILY, B. (2003): "How to make the team? Social networks vs. demography as criteria for designing effective projects", Working paper, Columbia University Graduate School of Business.
- RUDBERG, M. Y OLHAGER, J. (2008): "Global operations strategy: Coordinating manufacturing networks". *Omega* 36, pp. 91 – 106

- RUDBERG, M. Y WEST, B.M. (2001): "The bright light: Ericsson's way to transnationality", Working paper WP-265. Department of production economics, LinkVoping Institute of Technology, LinkVoping, 2001.
- SHI, Y.; FLEET, D. Y GREGORY, M. (2005): "Global Manufacturing Virtual Network and its Position in Manufacturing Systems". The 7th Annual International Manufacturing Symposium, Institute for Manufacturing, Dept. of Engineering, University of Cambridge
- SHI, Y. Y GREGORY, M.J. (2001): "Global Manufacturing Virtual Network (GMVN): a new manufacturing system for market agility and global mobility". International Working Conference on Strategic Manufacturing, Aalborg, Denmark.
- STUART, T.E. (1998): "Network Positions and Propensities to Collaborate: An Investigation of Strategic Alliance Formation in a High-Technology Industry", *Administrative Science Quarterly*, Vol. 43, No. 3, pp. 668-698
- STURGEON, J. (2002): "Modular production networks: A new American model of industrial organization". *Industrial and Corporate Change*, Volume 11, Number 3, pp. 451-496
- TSAI, W. (2001): "Knowledge transfer in intra-organizational networks: Effects of network position and absorptive capacity on business unit innovation and performance", *Academy of Management Journal*, 44, pp. 996-1004.
- VILANA, J. R. Y RODRÍGUEZ-MONROY C. (2009): "Let Others Manufacture! Towards A New Manufacturing Framework". *Intangible Capital*. ISSN: 1697-9818 Vol 5, No 4, pp. 347-369.
- WILLIAMS, T.; ELLIS, B.; MAULL, R. Y GREGORY, M. (2001): "Offset Strategies in the Global Aerospace Sector". In the Proceedings of the 6th Research Symposium on International Manufacturing: Global Integration. ISBN 1-902546-23-7, Churchill College, Cambridge, 9th 11th September, pp. 153-166
- ZENG, M. Y CHEN, X.P. (2003): "Achieving Cooperation in Multiparty Alliances: A Social Dilemma Approach to Partnership Management". *The Academy of Management Review*, Vol. 28, No. 4, pp. 587-605