

Factores determinantes en la dinámica de las redes virtuales de fabricación global

José Ramón Vilana, Carlos Rodríguez Monroy
Madrid Technological University - ETSII-UPM (Spain)
jrvajrva@gmail.com, crmonroy@etsii.upm.es

Received April, 2010

Accepted October, 2010

Resumen:

Objeto: Demostrar la existencia de una serie de mecanismos estructurales que los actores utilizan como herramientas para poder ejercer un poder tácito en las RVFGs.

Diseño/metodología: Análisis de la industria de fabricación de motores aeronáuticos mediante un enfoque cuantitativo basado en un modelo logístico binomial utilizando una función logit.

Resultados: Los Original Equipment Manufacturers (OEMs) ejercen un poder tácito en la red mediante su posición centralizada en la red y la existencia de muchos agujeros estructurales. Los proveedores, sin embargo, establecen muchos lazos fuertes y directos con otros actores para fomentar la confianza; mientras que los nuevos actores establecen muchos lazos indirectos para acceder a conocimiento explícito.

Limitaciones: Otros estudios similares a RVFGs de otros sectores industriales como el electrónico, químico o automoción reforzarían los resultados obtenidos en este estudio.

Implicaciones prácticas: Se facilita ex ante el diseño de nuevas RVFGs aumentando sensiblemente su eficiencia

Valor añadido: Clarifica el funcionamiento interno de estas organizaciones que hasta ahora no se había abordado bajo este punto de vista. Sus conclusiones pueden utilizarse como un modelo prescriptivo para otras redes de fabricación.

Palabras clave: Redes Virtuales de Fabricación Global, agujeros estructurales, lazos fuertes y débiles, lazos directos e indirectos, industria aeronáutica.

Códigos JEL: L10

Title: Determinant factors in dynamics of global manufacturing virtual networks

Abstract:

Purpose: The purpose of this work is to demonstrate the existence of a number of structural mechanisms that networks actors use to exert tacit power in the GMVNs.

Design/methodology/approach: The analysis of the engine manufacturing aeronautical industry based on a quantitative approach with a binomial logistic model with a logit function.

Findings and Originality/value: Original Equipment Manufacturers (OEMs) exert a tacit power by occupying central positions in the network and having many structural holes. Suppliers, nevertheless, establish many strong and direct ties to increase trust with other network actors; while new actors establish, primarily, indirect ties to gain explicit knowledge.

Research limitations/implications: Another similar works focused in other industrial segments like electronics, chemical o automotive would strengthen the findings of this work.

Practical implications: The results of this work can facilitate, ex ante, the design of new GMVNs and increase drastically their efficiency.

Originality/value: It classifies the internal operations of these organizations that, so far, were not analysed under this approach. Its

conclusions can be used as a prescriptive model for other manufacturing networks.

Keywords: Global Manufacturing Virtual Networks, structural holes, Strong and weak ties, direct and indirect ties, aeronautical industry.

Jel Codes: L10

1. Introducción

Hoy en día, el concepto de fábrica o centro de producción es cada vez más ambiguo. En muchas industrias cada vez se observa más algún tipo de colaboración entre centros de producción o incluso redes de fabricación que intentan responder más eficientemente a las necesidades del mercado más exigentes y obtener ventajas competitivas en un entorno cada vez más globalizado. En algunas industrias como la aeronáutica, electrónica o automoción se habla incluso de redes virtuales de fabricación global (RVFG) basadas en un nuevo modelo de arquitectura de fabricación con un gran potencial de desarrollo para satisfacer un mercado cada vez más exigente y fragmentado (Shi et al., 2005).

Las RVFGs permiten a las empresas focalizarse en sus competencias específicas, sin prescindir de su participación en la fabricación de complejos productos. En estas redes las empresas no necesitan mantener internamente grandes recursos fabriles para mantener las variaciones impredecibles de la demanda. Al contrario, se basan en relaciones con los diferentes componentes de la red virtual permitiéndole diseñar una cadena de suministro concreta dependiendo de cada cliente o proyecto determinado. 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); o incluso fabricantes de otros sectores industriales.

Sin embargo, aunque el potencial de estas organizaciones es evidente también presenta 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. Cada vez hay más ejemplos de este tipo de colaboraciones horizontales entre colaboración y competición. Philips y Sony colaboran en el desarrollo y fabricación de nuevos DVD, al mismo tiempo que compiten de manera muy agresiva en otros productos y mercados (Luo, 2007). En la fabricación de algunos motores aeronáuticos participan la gran mayoría de fabricantes competidores del mercado como el caso del GP 7200 que alimenta el nuevo Airbus 380 cuya fabricación se realiza por una alianza entre General Electric y Pratt & Whitney con colaboraciones de MTU Aero Engines, Snecma y Tech Space Aero.

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 & Vázquez, 2006), la falta de convergencia de las estrategias de sus actores (Park & Ungsson, 2001; Park & Russo, 1996), las diferencias en sus prácticas culturales (Hofstede, 2009), o la canibalización de roles en la red a cargo de los fabricantes subcontratados (Vilana & Rodríguez-Monroy, 2009). Estos factores sin duda condicionarán la dinámica de las RVFGs entendida, dentro de este contexto, como el funcionamiento interno de la red, la cual vendrá determinada, en gran medida, por el comportamiento de sus actores.

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, 2004; Brass & Burkhardt, 1992), la búsqueda de colaboraciones muy estrechas con muchos lazos fuertes y directos entre los proveedores para mejorar la confianza (Gulati & 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 & West, 2001) que diseñó una red de fabricación global basada en relaciones entre sus componentes donde al estar basada en operaciones internas, la coordinación entre sus nodos era fundamental. Otros ejemplos de redes internas de fabricación son Hewlett-Packard (Lee & Billington, 1995), Thomson (Fletcher, 1997), DEC (Arntzen, 1995), Acer (Mathews & Snow, 1998) o Procter & Gamble (Camm et al., 1997). En este tipo de redes, las relaciones con empresas externas o ajenas a la propia organización eran muy limitadas por lo que el grado de "virtualización" de la red era prácticamente nulo. Sin embargo, en los últimos años, está apareciendo un fenómeno con gran potencial de crecimiento en algunas industrias como la aeronáutica (Shi et al., 2005), electrónica (Shi et al., 2003) o la automoción (Sturgeon, 2002) basado en redes de fabricación externas formadas por colaboraciones entre competidores y proveedores para satisfacer una demanda cada vez más exigente y fragmentada del mercado, y que algunos autores (e.g., Shi et al., 2001, 2003, 2005; Williams et al., 2001; Vilana & Rodríguez-Monroy, 2008) denominan redes virtuales de fabricación global (RVFGs).

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) basado en la búsqueda de un equilibrio de fuerzas en el sector y en 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 & Brandenburger, 1996), los mecanismos estructurales (Chen & Yao, 2003) o los mecanismos emocionales (Zeng & Chen, 2003). Otros autores analizan la búsqueda de una ventaja

competitiva a nivel de red basada en una visión holística de la misma donde el encaje de sus actividades basado en la combinación de competencias específicas de los actores de la red permite que las RVFGs compitan eficientemente en el mercado (Hoopes, 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 & Rodríguez-Monroy, 2009).

En los últimos años, se han publicado varios trabajos muy relevantes sobre este tipo de organizaciones. Liu y Shi (2008) o Li et al. (2004) 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), Lo Nigro et al. (2003), Imberti y Tolio (2003) y Usher (2003) proponen un modelo conceptual de RVFGs basado en tecnología multiagente con mecanismos de negociación como elemento coordinador de la misma. También son interesantes las propuestas de Camarinha et al. (2009) y Chituc et al. (2008) de modelos conceptuales de organización de las tecnologías de información y comunicación necesarias en este tipo de organizaciones. Sturgeon (1999, 2000, 2002), Williams et al., (2001), Colotla (2002) 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, 2003), Shi et al. (2005), y Rudberg y Olhager (2003a, 2003b, 2008) han estudiado sus diferentes posicionamientos estratégicos.

3. ¿Pero quién dirige las RVFGs?

Al considerar la dinámica de las RVFGs inmediatamente se plantea la necesidad de entender los mecanismos que influyen en su funcionamiento y en la necesidad de ser o no ser dirigidas. Una línea de investigación en este campo se basa en la teoría evolutiva de las organizaciones, que plantea la dicotomía entre un proceso autorganizativo de las redes frente a otro conscientemente dirigido. Foster (2000) se plantea este dilema a través de dos analogías: una basada en un enfoque “darwinista” de autoselección y la otra en la denominada ecología de la población evolutiva. Ambos enfoques llevan a la conclusión de la capacidad de autogestión de las redes y por tanto a la no necesidad de ser dirigidas. En el primer caso por un proceso selectivo, en el segundo fruto de un proceso endógeno y espontáneo.

Existe una tendencia natural de este tipo de sistemas a gravitar alrededor de la mayor conectividad y ubicarse en el límite del caos lo que permite maximizar la energía disponible en la red. Pero si existen demasiadas conexiones, a la menor perturbación, los actores de la red cambiarán de una relación a otra buscando la más ventajosa. Las RVFGs están siempre suspendidas delicadamente entre la estabilidad y el desorden lo que explica la idea de la importancia de los lazos débiles de Granovetter (1985) donde las conexiones menos densas y más holgadas son fortalezas necesarias para la robustez y estabilidad de las RVFGs.

Otro argumento que apoya este planteamiento es la elevada proporción de relaciones horizontales que existen en las RVFGs donde es frecuente encontrar colaboraciones entre competidores directos. Por lo que la existencia de un coordinador o gestor en las RVFGs supondría una barrera insalvable. Por lo tanto, las RVFGs de una manera natural buscan ese equilibrio en el tipo y cantidad de conexiones y evolucionan hacia un equilibrio dinámico donde se maximice el potencial de la red desde una posición de equilibrio y orden ubicándose en el umbral del caos. Por lo que si son genuinamente autorganizadas, no debería haber razones para la necesidad de ser dirigidas.

Otro enfoque, a la hora de abordar este dilema, es el propuesto por varios autores (e.g., Shen et al., 2006; Choi et al., 2001) al proponer que las redes de producción no deberían considerarse como "sistemas" sino como "sistemas adaptativos complejos". Choi et al. (2001) demuestran cómo las redes de producción pueden gestionarse como un sistema adaptativo complejo mediante una serie de herramientas que permiten modelizar y analizar la conducta compleja y adaptativa de las redes de producción, cuya dinámica se asemeja a la de un sistema vivo que continuamente evoluciona y se adapta al entorno dinámico y hostil. Las RVFGs son tan complejas que difícilmente puede preverse su comportamiento o controlarse completamente debido a su carácter dinámico y adaptativo. Cualquier intento de dirigir las RVFGs, iría en contra de la propia naturaleza de las mismas y generaría unas tensiones internas que pondrían en peligro la supervivencia de la propia red. Por tanto, las RVFGs no deberían estar dirigidas ni controladas. Deberían tener la posibilidad de emerger y evolucionar por su cuenta hacia un equilibrio dinámico.

4. La importancia de los lazos débiles, los lazos indirectos y los agujeros estructurales en la dinámica de las RVFGs

Muchos autores (e.g., Gulati & Gargulio, 1999; Bengtsson & Kock, 1999; Ahuja, 2000; Luo, 2001) destacan tres aspectos fundamentales a la hora de constituir redes de colaboración de empresas y que, sin duda, también condicionan la tipología y el funcionamiento de las RVFGs: los lazos fuertes y débiles, los lazos directos e indirectos y lo que Burt (1992) denominó agujeros estructurales.

Algunos autores (e.g., Coleman, 2000) enfatizan que la estructura óptima de las redes de empresas debe estar constituida por numerosas e intensas relaciones entre sus miembros. Sin embargo, otros autores (e.g., Burt 2004) afirman que la estrategia óptima es mantener un elevado ratio de desconexiones entre actores. Ahuja (2000) resalta que las redes con un número elevado de lazos indirectos pueden ser una manera muy efectiva de disfrutar de los beneficios de una red de gran tamaño sin los costes asociados al mantenimiento de lazos directos. Las estructuras abiertas con muchos agujeros estructurales permiten evitar redundancias y acceder a nuevas fuentes de información. Según Burt (1992) una manera de desarrollar redes eficientes es maximizar el número de desconexiones en la red (agujeros estructurales) y elegir socios que tengan muchos colaboradores (lazos indirectos).

Las redes con un número elevado de lazos indirectos permiten obtener grandes beneficios sin los elevados costes de mantenimiento de los lazos directos (Ahuja, 2000). En redes de empresas con un importante componente tecnológico, los lazos indirectos permiten maximizar los beneficios de la red al servir como mecanismo para transferir información o conocimiento explícito, y contribuyen eficazmente a la innovación en la red. En sistemas cerrados, las redes sociales integradas profundamente en las relaciones, es decir la denominada integración social (social embeddedness), tal y como la definió Granovetter (1985), pueden facilitar la transferencia de información y la resolución de conflictos (Uzzi, 1997). Hargadon y Sutton (1997) demuestran cómo una empresa puede desarrollar eficazmente su posición mediante el desarrollo de agujeros estructurales para el desarrollo de nuevos productos. Mientras que Ahuja (2000) argumenta la importancia de redes cerradas con múltiples conexiones como fuente de incremento de la confianza, reducción del oportunismo y desarrollo de colaboración en empresas del sector químico principalmente entre relaciones horizontales.

La elección de tipologías de redes con muchos lazos fuertes frente a otra dominada por lazos débiles, lazos directos frente a indirectos o agujeros estructurales dependerá de la naturaleza y los objetivos de la propia red. En las redes jerárquicas de proveedores, las empresas líderes establecen pocos lazos con otras empresas y se caracterizan por tener muchos agujeros estructurales con predominio de los lazos fuertes, lo que facilita el control sobre los colaboradores directos (Brass & Burkhardt, 1992). Las redes con muchos lazos interconectados entre todos sus actores se caracterizan por tener pocos agujeros estructurales y mayor peso de los lazos fuertes lo que favorece la confianza y cooperación entre sus actores evitando posicionamientos de poder de sus miembros (Ahuja, 2000), tal y como ocurre en las redes de industria de alta tecnología. Las redes con pocos solapamientos y redundancias se caracterizan por tener muchos agujeros estructurales y predominancia de los lazos débiles, lo que proveerá de beneficios de acceso a información, como es el caso de las redes de intercambio de información, consultoría o tecnología (Hargadon & Sutton, 1997). Finalmente, las redes con muchas interacciones entre todos sus miembros mediante lazos débiles son lo que Sturgeon (2002) denominó redes de producción relacionales y se caracterizan por la intensa red social que subyace a la red económica y que Granovetter (1985) definió como integración social (social embeddedness).

Las RVFGs se caracterizan por una fuerte componente de relaciones horizontales entre competidores, el peligro de conductas oportunistas y la necesidad de fomentar la confianza entre sus actores. Por ello, la propuesta de Ahuja (2000) de una tipología prescriptiva basada en estructuras cerradas con pocos agujeros estructurales, muchas interacciones entre sus actores sobre todo a través de lazos fuertes como joint ventures, predominancia de lazos directos, baja centralización para evitar posicionamientos de poder de algunos actores y una fuerte componente virtual parece la más adecuada.

H1: Las RVFGs eficientes están formadas por actores unidos por una intensa red de lazos directos y fuertes, con pocos agujeros estructurales y un índice de centralidad bajo.

Sin embargo, la estructura de la RVFG estará condicionada por su dinámica, es decir por la manera en que se gestionan las colaboraciones en la red, y ésta vendrá determinada, en gran medida, por la naturaleza y el comportamiento de sus actores donde la gestión del poder en la red constituye uno de sus aspectos más

importantes. 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 tradicionalmente 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. En la industria aeronáutica, por ejemplo, los OEMs establecen colaboraciones fundamentalmente con otros OEMs y proveedores de subconjuntos estructurales para diversificar riesgos financieros y tecnológicos o para acceder a nuevos mercados mediante acuerdos con nuevos actores de países emergentes mediante estrategias de compensación (Offset Strategies, Williams et al., 2001). En otras industrias, como la industria de automoción o de ordenadores, los OEMs externalizan la fabricación de sus productos más maduros o menos diferenciados a fabricantes subcontratados que consiguen unas elevadas economías de escala a nivel de red, inalcanzables individualmente para un solo OEM, al fabricar productos similares para otros OEMs competidores.

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 cada vez más estrechamente con los OEMs. Aunque también tendrán que asumir un mayor riesgo financiero y tecnológico en los proyectos que participen. Es el caso, por ejemplo, de los proveedores de subconjuntos de la industria aeronáutica como MTU (Alemania), AVIO (Italia), ITP (España) o Volvo (Suecia), que cada vez participan más activamente en programas de fabricación de motores como el EJ200, TurboUnion o International Aero Engines al mismo nivel que los OEMs.

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 nuevos mercados mediante estrategias de compensación (Williams et al., 2001).

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 basado en posicionamientos centralizados en la red. La relación entre la centralidad en las redes de empresas con el poder que estas empresas ejercen ha sido corroborada por numerosos autores (e.g., Gulati & Gargulio, 1999; Bonacich, 1987; Stuart, 1998). Luego, una manera que utilizan 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.

H2: 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 nuevas fuentes de información. Según Burt (1992), una manera de desarrollar redes eficientes es maximizar el número de desconexiones en la red mediante agujeros estructurales y elegir socios que tengan muchos colaboradores (lazos indirectos). Aunque en estas redes abiertas donde los actores no están estrechamente relacionados, la amenaza de conductas oportunistas es mayor. En redes con pocos agujeros estructurales, en cambio, 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 nueva 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

(Gulati & Sytch, 2008; Windahl & Lakemond, 2006; Lechner et al., 2006; Obstfeld, 2005). Luego, los OEMs utilizarán los agujeros estructurales como fuente de innovación en la red y como mecanismos de poder tácito en las RVFGs.

H3: 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.

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 nuevos 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 nueva. 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.

H4: 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.

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. Su mayor inconveniente es el número limitado de lazos directos que puede mantener un actor, que 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 estos beneficios que se obtienen por el acceso de información más amplio a través de los lazos indirectos puede ser contraproducente debido a la transferencia tecnológica no deseada a cargo de otras empresas de la red conectadas a través de lazos indirectos y que en muchos casos pueden ser competidores. Un ejemplo muy claro es el representado en la figura 1, donde puede observarse cómo la empresa rusa NPO Saturn se beneficia de la colaboración entre GE y SNECMA en la fabricación del motor CFM56. Cuando empezó la colaboración, SNECMA apenas tenía experiencia, ni conocimiento tecnológico de los componentes de alta presión (compresor y turbina de alta presión y cámara de combustión) en motores de rango medio para la industria civil. Por ello, tenía mucho interés en esa colaboración con GE que aportó su experiencia en esa tecnología adquirida en el desarrollo de su motor militar F101. SNECMA, entonces, colaboró con componentes menos críticos del motor como el compresor y la turbina de baja o el fan frontal. Sin embargo, en la colaboración con NPO Saturn, SNECMA aporta a la alianza el diseño y fabricación de los componentes de alta presión del nuevo motor SaM146 cuya tecnología proviene principalmente del motor CFM56 (Flight International, junio 2007). Por otro lado, el interés de SNECMA en esta colaboración con NPO Saturn es entrar en el mercado ruso a través de una estrategia de compensación.

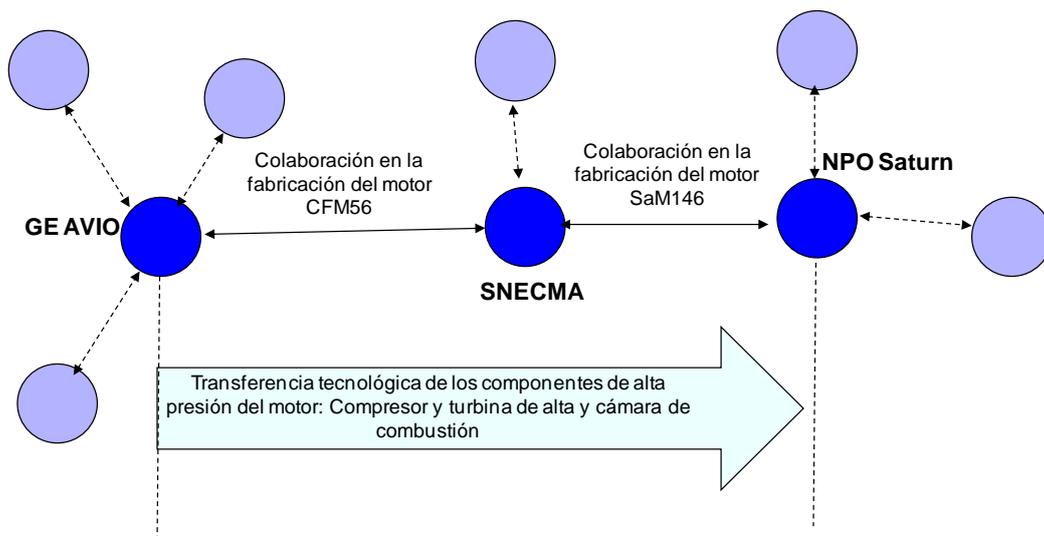


Figura 1. Transferencia tecnológica a través de un lazo indirecto.

Por lo que, como los nuevos actores de las RVFGs buscan, sobre todo, acceso a conocimiento tácito, se puede afirmar que:

H5: 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 basada en 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.

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, 1995; Obstfeld, 2005) 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.

Un aspecto importante en los modelos de regresión logística es la naturaleza cualitativa de la variable dependiente (binaria o multinomial) lo que presenta serias inconsistencias si se aplica un modelo de regresión lineal multivariante del tipo:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k \quad (1)$$

debido fundamentalmente a problemas de heterocedasticidad, una distribución no normal de la perturbación aleatoria y a un rango de variación de la estimación no acotado entre 0 y 1 (Pérez, 2009). Para evitar estos problemas, se han desarrollado modelos no lineales basados fundamentalmente en funciones logit y probit, donde se utiliza un modelo de la forma:

$$P(Y=i | X_1, X_2, \dots, X_k) = G(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k) \quad (2)$$

Este modelo relaciona la probabilidad que tiene la variable dependiente de tomar un determinado valor en función del comportamiento de una serie de variables independientes relacionadas entre sí mediante una ecuación no lineal. Como la representación de las funciones logit y probit y los resultados obtenidos a través de sus correspondientes modelos son muy similares, el modelo logit suele ser el preferido en la mayoría de los casos debido a su mayor simplicidad en términos interpretativos y de cálculo.

La estimación de los parámetros β_i de la ecuación en esta regresión logística, a diferencia de la regresión lineal que suele hacer uso de los métodos de estimación por mínimos cuadrados, utiliza el método de máxima verosimilitud, el cual busca aquellos valores de los parámetros que generan una mayor probabilidad de la muestra observada (Pulido, 2001). Asimismo, como este tipo de modelos no son lineales, no resulta posible interpretar directamente las estimaciones de los parámetros β . Sin embargo, el signo que toman los estimadores da una primera indicación de la importancia de la variable asociada. Por ejemplo, un estimador positivo significa que incrementos en la variable asociada causan incrementos en la probabilidad $P(Y = i)$, aunque se desconoce la magnitud de los mismos. Si el

estimador es negativo, supondrá que incrementos en la variable asociada causarán disminuciones en P ($Y = i$). Por ello, para analizar la bondad del ajuste y realizar contrastes de hipótesis, los modelos logit requieren procedimientos distintos a los modelos lineales como utilizar más de un criterio para evaluar el poder predictivo del modelo. Además, se evalúa la bondad del ajuste en términos relativos y no absolutos examinando las distintas especificaciones del modelo (Malhotra, 1984). 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-R2 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.

En el modelo propuesto de regresión logística binomial basado en una función logit, la variable dependiente es binaria y estima la probabilidad de que ocurra el suceso "éxito" determinado por una combinación de variables. En este caso, toma el valor 1 cuando el resultado es una tipología de actor concreta (tipo 1, 2 ó 3) y 0 cuando no se da esa tipología de actor y se representa:

$$P(Y=1) = \frac{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k}} \quad (3)$$

Se ha elegido este enfoque en vez de un modelo de regresión logístico multinomial porque en cada tipología de actor hay una serie de variables importantes que condicionan la pertenencia a esa tipología concreta mientras que en otras tipologías esa variable apenas es relevante. Por ejemplo, los lazos indirectos elevados son un factor muy relevante según la hipótesis 5 para los actores tipo 3, ya que es una fuente de información muy eficiente. Pero en otros actores (e.g., tipo 2) el valor que toma esta variable es indiferente e irrelevante ya que pueden haber actores de esta tipología con muchos lazos indirectos o no.

Este tipo de modelo permitirá hacer un análisis de manera independiente donde se podrá observar para cada tipo de actor la importancia que toman las diferentes variables al analizar en detalle el signo y valor de los coeficientes asociados a las variables explicativas y conocer la influencia de cada uno en una tipología de actor concreta.

Obtención de datos

La recogida de datos en la industria aeronáutica se ha realizado por tres diferentes canales:

1. Se han consultado las bases de datos más exhaustivas del sector de fabricantes de motores aeronáuticos como la de Atlas Aviation que incluye todos los suministros de aviones comerciales regionales y de largo alcance alimentados con turborreactores o turbohélices desde 1948 hasta 2008 donde se especifica el modelo de avión y el tipo de motor incluyendo la tecnología utilizada en cada suministro. También se han consultado las bases de datos de Jane's Aero Engines (2007) y Jane's All the World Aircraft (2005) para completar y validar la información obtenida. Se han recopilado todas las colaboraciones actuales en la fabricación de motores entre empresas competidoras detallando el modelo de motor, el tipo de colaboración, los participantes, el porcentaje en la participación, el número de motores fabricados y el año de obtención de la certificación del motor.
2. Para conocer en profundidad la red virtual de fabricación global de la industria de motores aeronáuticos, durante el periodo 1999 – 2005, se desarrollaron entrevistas no estructuradas (abiertas) con personal relevante de los mayores fabricantes de motores aeronáuticos de Europa como Volvo Aero, ITP, Snecma, IAI, Techspace Aero, Rolls-Royce o MTU incluyendo ingenieros, mandos medios y altos directivos. Estas entrevistas permitieron tener conocimiento tácito de los factores relevantes que motivan y condicionan las colaboraciones con competidores en la industria aeronáutica para entender el funcionamiento de las RVFGs. Toda esta información ha permitido triangular la información previamente obtenida para conseguir una mayor validez constructiva.
3. Por último, otra fuente de información sobre los diferentes proyectos de motores aeronáuticos se ha basado en los archivos históricos de las revistas

especializadas más relevantes del sector especialmente Flight International (1970-2009), Aviation Week (2000-2009) y Space Technology (1998-2009). Esta información ha sido completada con datos obtenidos directamente de los fabricantes de motores aeronáuticos a través de sus páginas web incluyendo informes anuales de las compañías, fichas técnicas de motores, informes de mercado, notas de prensa y folletos. La información relativa al mercado de la industria de motores aeronáuticos, sus colaboraciones y su evolución histórica se ha obtenido de los trabajos de Bonaccorsi y Giuri (2000), Esposito (2004), Williams et al. (2001), Dussauge y Garrette (1995), y Johansen y Comstock (2005).

Ámbito

Este estudio incluye a los fabricantes de motores a reacción de la industria aeronáutica con todas sus variantes como el turboreactor, turbohélice o turbofan. Se excluyen del ámbito de este estudio los fabricantes de motores aeronáuticos de pistón con cualquiera de sus variantes (ej.: radial, rotativo, lineal), así como otro tipo de motores como Wankel o diesel. También se excluye a los fabricantes de motores utilizados en la industria aeroespacial para alimentar lanzaderas, cohetes y misiles, así como los fabricantes de motores de reacción empleados en aplicaciones ajenas a la industria aeronáutica como motores marinos, vehículos militares o turbinas de generación eléctrica.

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.

La RVFG de la Industria de Motores Aeronáuticos

Los orígenes de la RVFG de la industria de motores aeronáuticos se remontan a la década de los años 60 donde se formalizaron los tres primeros acuerdos de colaboración entre fabricantes de motores: la colaboración entre Rolls Royce y Turbomeca para el desarrollo del motor Adour (50/50%), el acuerdo entre RR y Allison para la fabricación del motor TF41 y el acuerdo entre BBS y Snecma para fabricar el motor Olympus (Esposito 2004). No existía todavía una red de colaboraciones intensas entre los actores del mercado aeronáutico, sino acuerdos puntuales muchos de los cuales fracasaron como el programa de Olympus. Posteriormente, en la década de los 70, se consolidaron algunas de las colaboraciones de los años 60 (ej.: CFM, Adour y RR/Allison) y surgieron nuevos acuerdos como el consorcio de Turbo-Union formado por RR, MTU y Fiat Avio o el formado entre GE y SNECMA para fabricar el motor CFM 56. Las causas de estas colaboraciones ya no sólo fueron de tipo tecnológico o financiero sino que los fabricantes contemplaban estas colaboraciones como la mejor manera de entrar en nuevos mercados.

Posteriormente, en los años 80, se consolidó la tendencia a internacionalizar la industria aeronáutica. La necesidad de una nueva generación de motores de bajo consumo de combustible capaces de alimentar aviones cada vez mayores elevó el reto tecnológico y financiero de los proyectos, y forzó el desarrollo de colaboraciones externas. Un ejemplo de la globalización de las colaboraciones entre fabricantes de motores fue el consorcio International Aero Engines (IAE) formado por RR, Pratt & Whitney, Fiat Avio y un grupo de empresas japonesas (JAEC). La RVFG de la industria de motores aeronáuticos ya empezaba a consolidarse. Las relaciones entre sus actores eran algo muy dinámico con continuos cambios de estrategia entre sus actores donde coincidían relaciones de colaboración y competición. Estos cambios internos son típicos de la dinámica de las RVFGs donde las relaciones de colaboración a largo plazo conviven con estrategias nodales de competencia entre sus actores, lo que provoca nuevos equilibrios de fuerza en la red. Estos cambios no sólo no afectan a la estabilidad de la red, sino que fortalecen su organización al basarse en un proceso evolutivo de adaptación al entorno cambiante basado en relaciones de largo plazo cuya supervivencia se garantizaba por el continuo cambio interno. Este planteamiento se asemeja al enfoque de los sistemas adaptativos complejos (Choi et al., 2001), quienes consideran que estas redes de producción son tan complejas que difícilmente puede preverse su

comportamiento o controlarse completamente debido a su carácter dinámico. Las RVFGs se fundamentan en su capacidad de autogestión y por lo tanto no necesitan ser dirigidas debido fundamentalmente a la elevada proporción de relaciones horizontales que existen entre sus actores.

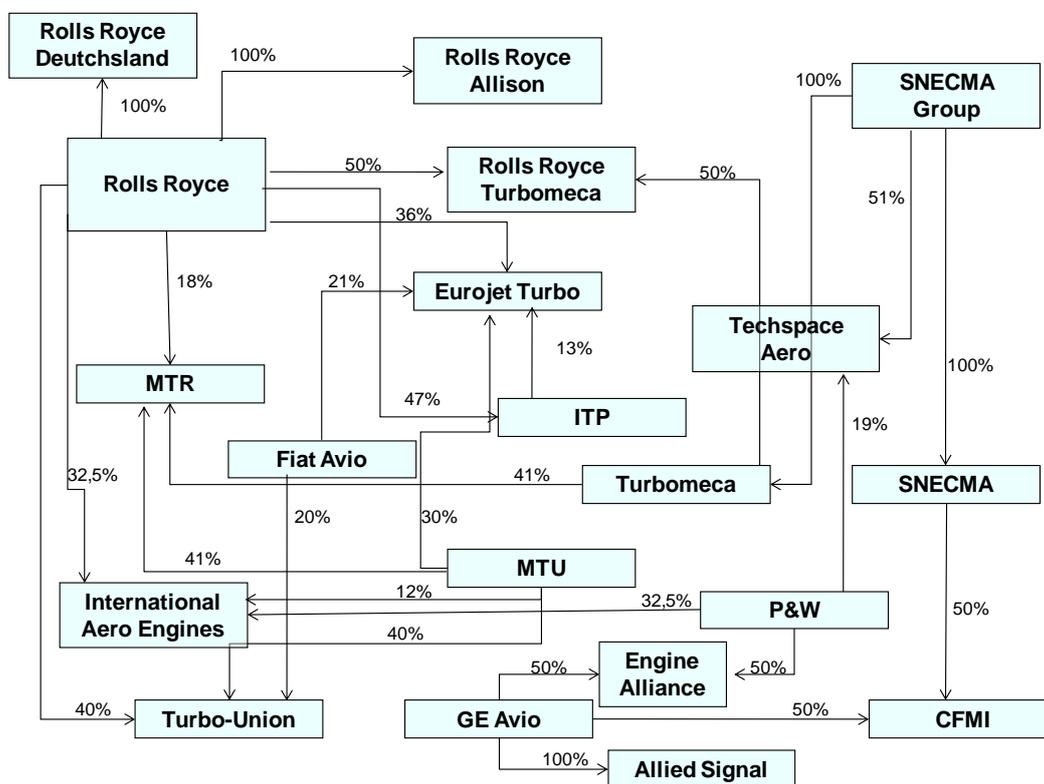


Figura 2. Participaciones empresariales de los fabricantes de motores aeronáuticos.

En los últimos años, el mercado de motores aeronáuticos de la industria civil y militar se ha hecho cada vez más global. Básicamente está dominado por tres grandes fabricantes, General Electric, Rolls Royce y Pratt & Whitney, y una intensa red de integraciones, fusiones o participaciones conjuntas con otras empresas que se representan en el gráfico de la figura 2 y que constituyen los denominados lazos fuertes de la red. Además de estas participaciones empresariales existe una densa red de colaboraciones puntuales, participaciones en programas específicos, licencias o acuerdos de largo plazo para constituir la RVFG de la industria de motores aeronáuticos.

Las relaciones de colaboración y competición entre sus actores son muy frecuentes aunque, en principio, pueden parecer contradictorias. A modo de ejemplo, en la figura 3 se representan algunas de las relaciones de colaboración y competición

que existen entre los tres mayores fabricantes del sector (P&W, GE y RR). Aunque en cada relación diádica existen varias relaciones de colaboración y competición con diferentes motores, no existe riesgo de solapamiento o canibalizaciones de productos ya que se refieren a diferentes mercados. Por ejemplo, GE y P&W compiten agresivamente en el mercado de motores de rango medio con el motor CFM 56 (GE) frente al motor JT8D (P&W). Sin embargo, colaboran con mucho éxito en la fabricación del motor de gran capacidad GP7200 que alimenta el Airbus 380.

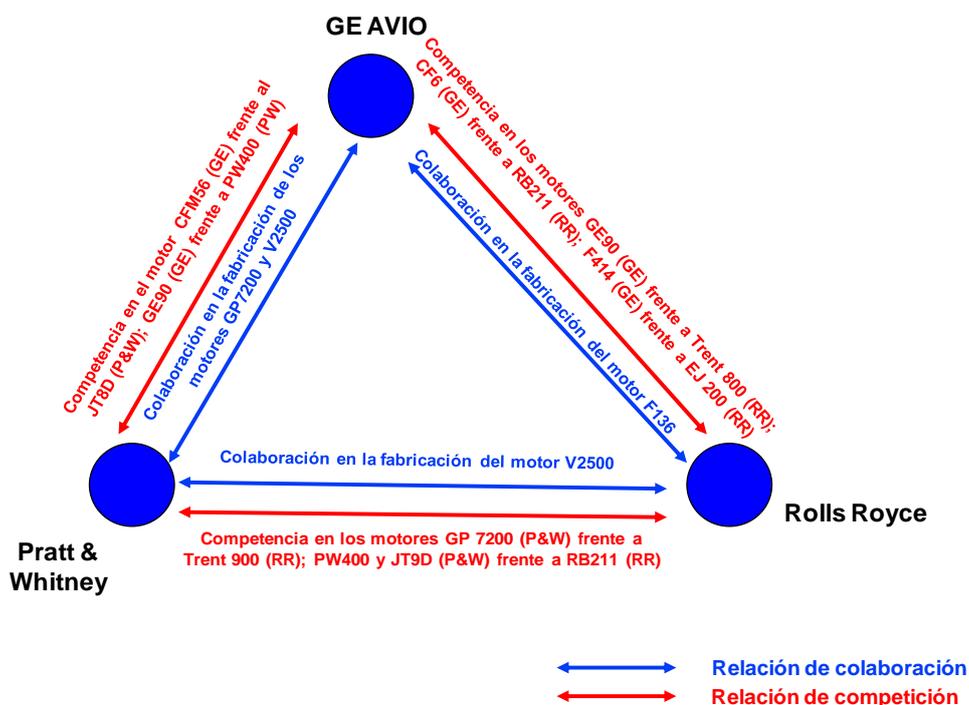


Figura 3. Algunos ejemplos de colaboración y competición entre los tres mayores fabricantes de la industria de motores aeronáuticos.

Las relaciones de colaboración entre competidores en la industria de motores aeronáuticos son muy frecuentes y sus causas son fundamentalmente tres: acceso a nuevas tecnologías, diversificación de riesgos financieros y acceso a nuevos mercados mediante estrategias de compensación. Estas tres causas fundamentales condicionan de tal manera la estructura de la red que minimiza, o incluso a veces parece ignorar, el riesgo inherente en estas redes de colaborar con competidores.

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.

1. Actores Tipo 1: Los OEMs como Pratt & Whitney, Rolls Royce o GE Avio que tradicionalmente fabricaban todos los motores íntegramente en sus instalaciones, cada vez establecen más 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 nuevos 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 nuevos mercados mediante acuerdos con nuevos actores de países emergentes como AVIC (China) o HAL (India).
2. Actores Tipo 2: Los proveedores de subconjuntos estructurales que mantenían hasta hace poco relaciones fundamentalmente de tipo vertical empiezan cada vez más a participar en nuevos programas de motores como socios RRSP o joint ventures. Es el caso de MTU (Alemania), AVIO (Italia), ITP (España) o Volvo (Suecia), que cada vez participan más activamente en programas como el EJ200, TurboUnion o International Aero Engines. 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.
3. 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 como el caso de Mitsubishi Heavy Industries, Honda o Kawasaki Heavy Industries y 2) fabricantes de motores de aviones de países emergentes o tecnológicamente menos avanzados como el caso de AVIC (China), HAL (India) o NPO Saturn (Rusia). En ambos casos el interés de los grandes OEMs en colaborar con estos nuevos actores es para acceder a nuevos mercados mediante estrategias de compensación (Williams et al., 2001). El gráfico de la figura 4 sintetiza esta clasificación en tres tipologías de actor en la RVFG de motores aeronáuticos.

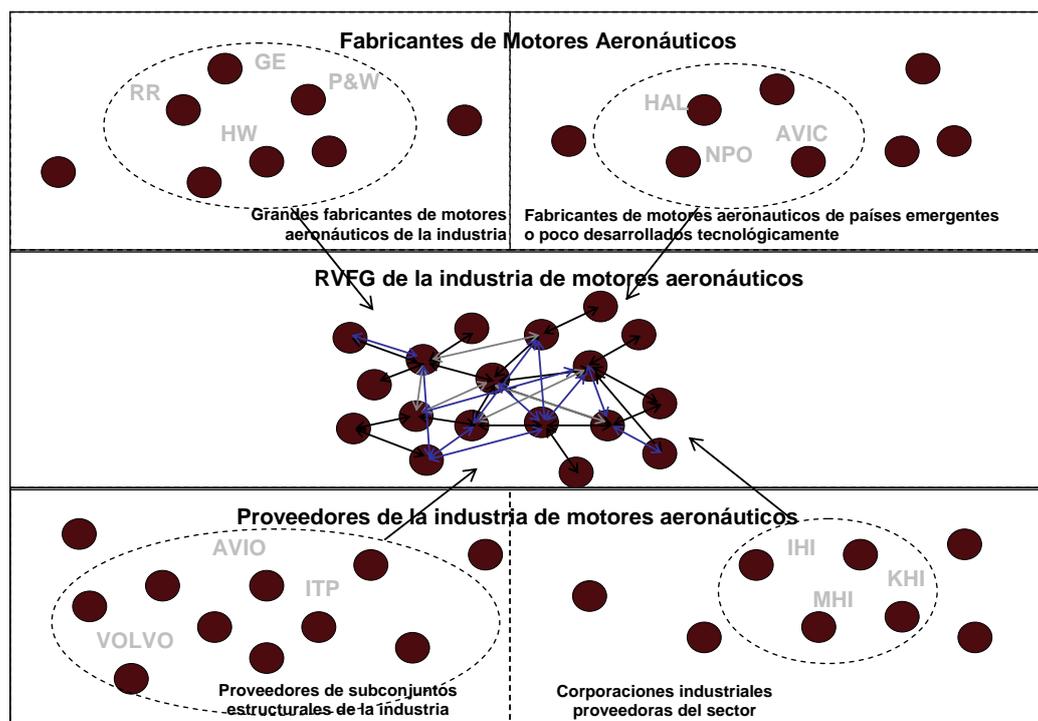


Figura 4. Tipología de actores en la RVFG de motores aeronáuticos.

Definición de variables independientes

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. En el anexo I, se describe más detalladamente la naturaleza de algunas de las variables más relevantes.

Nombre de Variable	Descripción
NLF _i	Número de lazos fuertes, incluye todos los lazos de tipología de lazos 1 y 2 descrita en la tabla 7 del anexo I, establecidos por el actor <i>i</i> de la red con el resto de actores.
NLD _i	Número de lazos débiles, incluye todos los lazos de tipología de lazos 3 y 4 descrita en la tabla 7 del anexo I, establecidos por el actor <i>i</i> de la red con el resto de actores.
NLDIR _i	Número de lazos directos que establece el actor <i>i</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>i</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>i</i> con otros actores de la red ponderados según la fortaleza 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>i</i> . Número de lazos directos que establece el actor <i>i</i> con otros actores de la red ponderados según la fortaleza 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.
NLINDIR _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.
NPROYNOR _i	Número de proyectos normalizado. Se refiere al número de proyectos en los que participa el actor i en relación a todos los proyectos de colaboración existentes en la red (%).
VIRT _i	Grado de virtualización del actor 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.
MEDANMTIN _i	Media anual de motores instalados por el actor i.
REN _i	Grado de especialización del actor i alrededor de uno o unos pocos subconjuntos estructurales del motor

Tabla 1- Descripción de Variables.

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.

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	0,356								
NLDIR	6,14	5,317	49	,895(**)	,735(**)							
NLDIRPND	2,5000	2,76657	49	,985(**)	,444(*)	,926(**)						
NLIND	46,64	38,500	49	,755(**)	,790(**)	,924(**)	,791(**)					
NLIND/NLDIRPND	29,7888	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	0,32857	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	0,007	,476(*)	0,232	0,042	,488(**)	,452(*)	0,042	-,546(**)	,567(**)
MEDANMTIN	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 significante al nivel 0,05 (bilateral).

Tabla 2. Medias, Desviaciones Típicas y Correlaciones de las Variables de la RVFG de la industria de Motores Aeronáuticos.

Un primer aspecto relevante de esta tabla 2 son las elevadas dispersiones de las variables analizadas y que se deben fundamentalmente a la gran heterogeneidad de la tipología de actores. Esta RVFG incluye desde grandes OEMs que participan en un gran número de proyectos con un número muy elevado de lazos directos y fuertes como Rolls Royce o Pratt & Whitney, hasta actores periféricos que apenas participan en colaboraciones en la red como NPO Saturn o Klimov. Si se divide este análisis según las tres tipologías de actores definidas anteriormente: 1) actores tipo 1: grandes fabricantes de motores de avión; 2) actores tipo 2: proveedores de subconjuntos estructurales y 3) actores tipo 3: nuevos actores de la red incluyendo grandes corporaciones industriales y fabricantes de países emergentes, tal y como se representa en la tabla 3, puede observarse una desviación típica de las variables mucho menor.

Correlaciones de Pearson de Actores Tipo 1

	Media	Desviación típica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NLF	8,3333	4,0332										
NLD	4,3333	2,3381	0,665									
NLDIR	12,6667	5,8538	,954(**)	,857(*)								
NLDIRPND	6,4583	2,8925	,983(**)	0,690	,953(**)							
NLIND	82,0000	32,7170	,920(**)	0,811	,958(**)	,880(*)						
NLIND/NLDIRPND	13,8831	5,0576	-0,562	-0,196	-0,466	-0,628	-0,244					
CA	0,1345	0,0603	,983(**)	0,690	,953(**)	1,000(**)	,880(*)	-0,628				
AGEST	0,7360	0,1299	0,534	0,278	0,479	0,596	0,243	-0,981(**)	0,596			
NPROY	9,6667	5,5737	,878(*)	0,685	,879(*)	,847(*)	,900(*)	-0,193	,847(*)	0,184		
VIRT	0,2858	0,1965	0,597	0,271	0,520	0,591	0,601	-0,258	0,591	0,135	0,358	
MEDANMTIN	809,4276	195,9017	-0,227	0,319	-0,029	-0,155	-0,198	-0,016	-0,155	0,174	-0,055	-0,780

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

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

Correlaciones de Pearson de Actores Tipo 2

	Media	Desviación típica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NLF	4,1667	2,7869										
NLD	4,0000	2,8284	-0,076									
NLDIR	8,1667	3,8166	0,674	0,685								
NLDIRPND	3,2083	1,7296	,940(**)	0,102	0,762							
NLIND	77,5000	26,4178	0,450	,819(*)	,935(**)	0,513						
NLIND/NLDIRPND	28,9946	14,7101	-0,723	0,363	-0,260	-0,732	0,074					
CA	0,0668	0,0360	,940(**)	0,102	0,762	1,000(**)	0,513	-0,732				
AGEST	0,3730	0,2811	0,589	0,499	0,800	0,774	0,580	-0,573	0,774			
NPROY	13,0000	6,8702	0,000	0,669	0,496	0,021	0,704	0,648	0,021	0,063		
VIRT	0,8103	0,2586	-0,314	0,390	0,060	-0,465	0,295	0,612	-0,465	0,222	0,545	
MEDANMTIN	132,9372	116,5529	0,492	-0,127	0,265	0,687	0,021	-0,568	0,687	0,482	-0,209	-0,905(*)

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

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

Correlaciones de Pearson de Actores Tipo 3

	Media	Desviación típica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NLF	0,5625	0,7274										
NLD	2,3750	2,3629	-0,325									
NLDIR	2,9375	2,2351	-0,018	,951(**)								
NLDIRPND	0,7500	0,5062	,724(**)	0,265	,516(*)							
NLIND	21,8125	23,2385	-0,238	,910(**)	,884(**)	0,418						
NLIND/NLDIRPND	36,0512	40,4543	-0,484	0,341	0,203	-0,272	0,453					
CA	0,0156	0,0105	,724(**)	0,265	,516(*)	1,000(**)	0,418	-0,272				
AGEST	0,7421	0,3463	0,180	-0,370	-0,332	-0,163	-0,459	0,033	-0,163			
NPROY	4,0625	4,0409	-0,353	,975(**)	,916(**)	0,273	,940(**)	0,392	0,273	-		
VIRT	0,3746	0,4169	-0,255	,619(*)	,571(*)	0,265	,742(**)	,543(*)	0,265	0,339	-	
MEDANMTIN	259,5426	266,1176	0,210	-0,177	-0,119	0,042	-0,286	-0,417	0,042	0,438	,652(**)	-0,447

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

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

Tabla 3. Medias, Desviaciones Típicas y Correlaciones de las Variables según Tipología de Actor de la RVFG de la Industria de Motores Aeronáuticos.

En la RVFG de motores aeronáuticos, el índice de centralización de la red (ICR) es 0,18. Ello implica un nivel de centralización bajo si lo comparamos con otras redes de empresas como el trabajo de Bonaccorsi (2000) sobre la industria de automoción (ICR = 0,4) o Ahuja (2000) en la industria química (ICR = 0,2). Este resultado apoya la hipótesis 1, donde se proponía la necesidad de bajos niveles de centralización en las RVFGs.

Otro dato que apoya la hipótesis 1, es la elevada densidad de la red medida como el cociente entre el número total de lazos directos existentes en la red entre el número máximo teórico de lazos directos (Gulati, 1999). En la RVFG de motores aeronáuticos este ratio es 0,128 y constituye un valor muy superior a otros estudios similares sobre redes de empresas como el que realizó Ahuja (2000) sobre empresas de la industria química donde la densidad de la red era 0,057, o el estudio de Stuart (1998) sobre una red de empresas de alta tecnología donde la densidad era de 0,006. En otros estudios como el de Gulati (1999), la densidad de red en los sectores industriales que analizó alcanza valores similares o incluso superiores a la RVFG de motores aeronáuticos, como en la red de la industria de automoción (densidad: 0,289), la red de la industria de automatización industrial (densidad: 0,115) o en la red de la industria de nuevos materiales (densidad: 0,106). Aunque en estos casos, los niveles de centralidad son mucho más altos debido a la jerarquización de estas redes. Por lo que se puede afirmar que la RVFG

de motores aeronáuticos tiene una densidad alta de lazos directos entre sus actores con baja centralidad global de la red, lo que avala el planteamiento de la hipótesis 1.

Al observar los valores medios que toman algunas variables para cada una de las tres tipologías de actor, tal y como se representa en la tabla 3 (ej.: NLDIR, NLDIRPND, NLF, CA, AGEST), parece que la estructura de la red es poco homogénea con un núcleo muy denso y compacto y una periferia muy poco densa formada principalmente por los actores tipo 3 (actores con centralidad más baja; CA). Por lo que, aunque parece claro que la estructura de la red es compacta, con muchos lazos directos, baja centralidad y pocos agujeros estructurales, es necesario conocer el comportamiento y la morfología que presenta la red según estos tres tipos de actores.

En la tabla 3 se observa que la red parece sensiblemente más densa en las zonas ocupadas por los actores tipo 1, tal y como se refleja en los valores elevados del número de lazos fuertes (NLF) y el número de lazos directos ponderados (NLDIRPND). Estos actores establecen una intensa malla de relaciones entre ellos sin agujeros estructurales y relaciones puntuales con actores periféricos (tipo 3), que son los que aportan agujeros estructurales. Aunque los actores tipo 3 tienen menos lazos directos e indirectos, la proporción de sus lazos indirectos por cada lazo directo (cociente entre los valores de NLIND y NLDIRPND) es muy superior a la de los actores 1 y 2. Este ratio muestra la estrategia que siguen los actores periféricos al colaborar fundamentalmente con actores centrales de la red que tienen muchos lazos directos y suponen una fuente de información muy eficiente, tal y como proponía Ahuja (2000). Por otro lado, los proveedores (actores tipo 2) establecen fundamentalmente colaboraciones con los actores tipo 1 y entre sí, lo que explica el bajo número de agujeros estructurales que tienen, lo que limita su poder en la red y el acceso a información nueva.

También son muy interesantes los valores medios que toma la variable NLDIRPND y el cociente de variables NLIND/NLDIRPND que mide el número de lazos indirectos por cada lazo directo. Como puede observarse para los actores tipo 1, el número de lazos directos es el mayor de las tres tipologías de actor, mientras que el número de lazos indirectos por cada lazo directo es el menor, al contrario de lo que ocurre con los actores tipo 3. Esto se debe a que lo que buscan los grandes fabricantes en la red (tipo 1) es compartir recursos con otros actores para

diversificar riesgos financieros y aumentar su capacidad y flexibilidad, lo que está directamente relacionado con el número de lazos directos (Ahuja, 2000). Mientras que lo que buscan los nuevos actores de la red (tipo 3) es acceso a nueva tecnología e información lo que está relacionado con los lazos indirectos (Hargadon & Sutton, 1997).

Relaciones entre variables

Otro enfoque para analizar la influencia de las variables de esta RVFG es mediante los gráficos de la figura 5 que representan la relación de la variable centralidad del actor (CA), representada en el eje X con la variable agujeros estructurales (AGEST); y la relación de la variable número de lazos indirectos (NLIND) representada en el eje X, con la variable número de proyectos en los que participa cada actor (NPROY).

Es muy interesante la fuerte correlación entre centralidad y agujeros estructurales con valores muy superiores en el caso de los actores tipo 1. Esto es debido, fundamentalmente, a las relaciones que éstos establecen con los actores periféricos de la red que es prácticamente nula en el caso de los actores proveedores de subconjuntos estructurales (tipo 2).

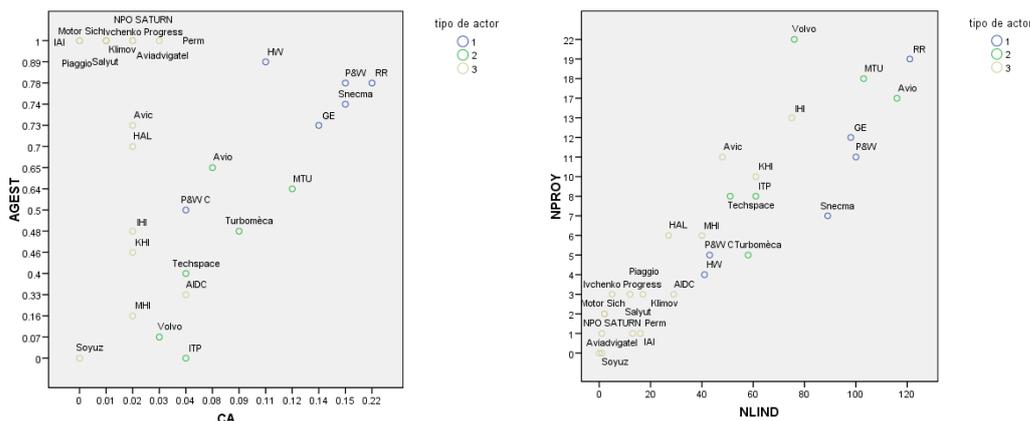


Figura 5. Relación entre variables de la RVFG de motores aeronáuticos.

También es llamativa la fuerte correlación entre lazos indirectos y el número de proyectos debida fundamentalmente a que en la mayoría de proyectos participan más de dos actores lo que hace que a mayor número de proyectos en los que participa un actor, mayor número de lazos indirectos se establecen con los actores que participan en esos proyectos. Como el lazo indirecto está asociado a la

transferencia de información, cuanto mayor sea el número de proyectos en los que participe un actor, mayor será el acceso a información nueva aunque también aumenta el riesgo de transferencia tecnológica no deseada.

Resultados del modelo logístico binomial logit

Resultado del Análisis de Regresión Logística Binario Logit^a Actor 1

Variables	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 (1,176)
AGEST	4,192** (2,283)	-2,451 (3,842)	-4,755 (4,984)	-4,074 (3,625)	-2,451 (3,841)				
CA	34,507** (15,055)	61,160** (29,346)	61,045** (28,422)				64,402** (29,613)	188,231** (97,910)	
VIRT		-12,226** (6,059)	-11,707** (5,750)	-9,761 (4,661)	-12,226** (6,059)		-11,402** (6,167)	-10,586 (6,890)	-13,973 (9,039)
REN			-3,654 (4,569)	-2,194 (2,096)		-4,781** (2,270)			
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	0,528	0,546	0,351	0,528	0,327	0,521	0,558	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	15,911	27,332	17,166	28,529	17,586	15,035	13,766
Porcentaje global acertado	78,81%	87,5%	90,6%	84,4%	87,5%	78,1%	84,4%	90,6%	87,5%

^aErrores en parentesis

* p < 0,01

** p < 0,05

*** p < 0,1

Tabla 4. Resultados para el actor 1 según el modelo de logística binario logit.

Las tablas 4, 5 y 6 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 la probabilidad de que un actor sea un actor activo en la red, dado un cambio de un punto en los factores determinantes en la dinámica de las redes virtuales de fabricación global

produce en el término logit al incrementarse en una unidad la variable explicativa asociada.

Resultado del Análisis de Regresión Logística Binario Logit^a Actor 2

Variables	Modelo 5a	Modelo 5b	Modelo 5c	Modelo 5d	Modelo 5e	Modelo 5f	Modelo 5g	Modelo 5h	Modelo 5i
Constante	3,145** (1,598)	3,243*** (1,850)	4,727 (3,798)	5,857 (4,311)	7,616 (5,131)	4,383 (4,791)	-4,074* (1,488)	-5,354** (2,352)	-5,088** (2,261)
AGEST	-9,074* (3,618)	-12,917** (5,865)	-10,721** (5,296)	-11,467** (5,452)	-13,138** (6,205)	-14,703** (7,468)			
CA						28,986 (23,961)			
VIRT			-1,291 (2,729)	-0,146 (3,314)	0,721 (3,825)	-1,538 (4,512)	4,753* (1,849)	5,708** (2,509)	5,425** (2,351)
REN				-2,610 (4,172)	-3,732 (5,041)	0,380 (6,390)			
NPROY									
NLIND/NLDIR					-0,030 (0,030)				
NLDIR									
NLDIRPND									0,182 (0,215)
NLD									
MEDANMTIN									
NLIND									
NLF		0,408 (0,288)						0,166 (0,151)	
Pseudo R-Cuadrado									
Cox y Snell	0,451	0,498	0,455	0,462	0,477	0,498	0,312	0,339	0,327
Nagelkerke	0,694	0,766	0,699	0,710	0,735	0,766	0,480	0,521	0,503
-2 log likelihood	14,428	11,571	14,206	13,776	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

Tabla 5. Resultados para el actor 2 según el modelo de logística binario logit.

En el modelo 1 y sus variantes (1a-1i) de la tabla 4, la variable dependiente toma el valor 1 cuando el resultado es la tipología de actor 1 y 0 cuando se da otra tipología de actor. Es interesante en este caso observar cómo en el modelo 1a las variables AGEST (agujeros estructurales) y CA (centralidad del actor) toman valores positivos con niveles de significación aceptables ($p < 0,05$). Estos resultados demuestran la hipótesis 3 sobre la importancia de la centralidad y los agujeros estructurales en esta tipología que, como muchos autores subrayan (ej:

Reagans et al., 2003; Tsai, 2001), son dos de los mecanismos más eficientes para ejercer poder en la red.

Resultado del Análisis de Regresión Logística Binario Logit^a Actor 3

Variables	Modelo 6a	Modelo 6b	Modelo 6c	Modelo 6d	Modelo 6e	Modelo 6f	Modelo 6g	Modelo 6h	Modelo 6i
Constante	-1,820*** (0,999)	0,905 (1,383)	-8,666** (4,642)	-9,076** (4,547)	-11,021** (5,344)	-12,278 (5,879)	-8,588*** (4,571)	-9,788** (3,771)	- 8,677** (3,605)
AGEST	2,307*** (1,310)	2,020 (1,468)	11,456** (4,971)	11,241* (4,793)	13,670* (5,327)	14,144** (6,134)	11,341** (4,888)	9,759* (3,738)	9,634* (3,770)
CA		-74,016** (35,061)	-70,689** (40,172)	-77,837*** (49,897)	-83,235*** (50,258)		-53,997 (45,604)		
VIRT			8,252** (3,967)	9,377** (4,118)	6,760 (4,607)	10,289** (4,975)	8,722** (4,048)	5,600** (2,641)	8,158* (3,198)
REN					4,526 (3,620)	3,784 (2,786)			
NPROY									- 0,224** * (0,124)
NLIND/NLDIR								0,023 (0,019)	
NLDIR									
NLDIRPND									
NLD									
MEDANMTIN									
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	0,596	0,743	0,774	0,795	0,735	0,748	0,416	0,498
-2 log likelihood	40,244	25,042	18,008	16,317	15,100	18,450	17,707	31,95	28,999
Porcentaje global acertado	65,6%	84,4%	87,5%	87,5%	90,6%	87,5%	87,5%	75%	81,3%

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

Tabla 6. Resultados para el actor 3 según el modelo de logística binario logit.

En el modelo 1 y sus variantes (1a-1i) de la tabla 4, la variable dependiente toma el valor 1 cuando el resultado es la tipología de actor 1 y 0 cuando se da otra

tipología de actor. Es interesante en este caso observar cómo en el modelo 1a las variables AGEST (agujeros estructurales) y CA (centralidad del actor) toman valores positivos con niveles de significación aceptables ($p < 0,05$). Estos resultados demuestran la hipótesis 3 sobre la importancia de la centralidad y los agujeros estructurales en esta tipología que, como muchos autores subrayan (ej: Reagans et al., 2003; Tsai, 2001), son dos de los mecanismos más eficientes para ejercer poder en la red.

Además, en las variantes de este modelo donde se utiliza la variable VIRT (virtualización), ésta adopta signo negativo con un nivel de significación aceptable ($p < 0,05$) además de mejorar, en general, los ratios sobre la bondad de ajuste del modelo como las pseudo-R2 de Cox y Snell o Nagelkerke y la probabilidad de porcentaje de aciertos en relación al modelo 1a donde no se utiliza esta variable. Esto demuestra la baja "virtualización" de este tipo de actores en comparación con otros actores de la red. Además, es interesante observar cómo la variable REN (ratio de especialización normalizado) adopta signo negativo en todas las variantes del modelo 1 donde aparece con ratios de ajuste del modelo aceptables, lo que indica la falta de especialización de este tipo de actores.

Otro aspecto importante son los valores positivos que alcanzan las variables NLDIRPND en el modelo 1e y NLDIR en el modelo 1f, ambos con niveles de significación aceptables y ajustes generales del modelo también buenos. Esto demuestra lo compacta que es la red para este tipo de actores que establecen un elevado número de lazos directos con el resto de actores. Finalmente, el modelo 1c es el que presenta los mejores ratios de ajuste del modelo lo que subraya la importancia de la elevada centralidad y virtualización y baja especialización en los actores tipo 1, avalando así la hipótesis 3.

En el modelo 2 y sus variantes (2a-2i) de la tabla 5, 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 de la elevada virtualización (coeficiente de variable VIRT con signo positivo) y 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 4 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 y la necesidad de virtualización es alta ya que no tienen capacidad de fabricar íntegramente motores de avión.

Finalmente, en el modelo 3 y sus variantes (3a-3i) de la tabla 6, 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 5. 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).

Sin embargo, en todas las pruebas realizadas incluyendo variables como REN, NLIND, NLF, NPROY, MEDANMTIN o NLDIRPND (donde algunos de sus resultados no se han incluido en este trabajo por su baja relevancia) no se han encontrado significaciones relevantes en las variables en ninguna de las tipologías de actor. Los coeficientes asociados a la variable REN (ratio de especialización normalizado) toman valores negativos en los actores tipo 1 y valores positivos en los actores tipo 3 aunque con significaciones bajas (en los actores tipo 2 toman valores positivos y negativos dependiendo de la variante del modelo). En el caso de la variable NLIND (numero de lazos indirectos) podría esperarse alguna relevancia mayor, en términos de mayor significación de los coeficientes asociados a estas variables y mejoras en la bondad de los ajustes de los modelos donde esta variable está presente, sobre todo en los actores tipo 3, debido a la fuente de información que este tipo de lazos aporta a nuevos actores en la red. Esto no ocurre debido al comportamiento diferente de los dos subgrupos de actores asociados a la tipología de nuevos actores en la red (tipo 3): 1) las grandes corporaciones industriales que hasta ahora no tenían mucha presencia en la industria aeronáutica y que empiezan a colaborar en estos proyectos para acceder a nueva tecnología y 2) los fabricantes de motores de aviones de países emergentes. En el primer caso, el número de lazos indirectos es muy elevado sobre todo si se relativiza por cada lazo directo debido al fuerte interés de las corporaciones industriales en acceder a nueva información. Sin embargo, en el segundo caso, el comportamiento de los fabricantes de los países emergentes es más heterogéneo relacionándose en

algunos casos con actores centrales de la red pero en otros casos con actores periféricos sin apenas relaciones con otros actores.

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. El origen de esta red se basa en la necesidad de diversificar el riesgo financiero al que están sometidos los fabricantes en los nuevos proyectos de motores de avión cada vez más exigentes, la transferencia de información y de nuevas tecnologías, y el acceso a nuevos mercados sobre todo en países emergentes.

Bajo un enfoque cuantitativo se ha estudiado el diferente comportamiento de las tres tipologías de actor definidas: 1) los OEMs (Original Equipment Manufacturers) formados por los grandes fabricantes de motores aeronáuticos, 2) los proveedores de subconjuntos estructurales y 3) los nuevos actores en la red.

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 cada vez más las colaboraciones entre ellos para diversificar los riesgos financieros y tecnológicos que suponen los nuevos programas de motor cada vez más exigentes como es el caso del motor GP7200 para alimentar el nuevo 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 cada vez más 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) tomas valores positivos en los modelos propuestos con buenos niveles de significación y ajuste global de los modelos aceptables. Esto demuestra la hipótesis 3 sobre la existencia de un elevado grado de centralidad y un número elevado de agujeros estructurales de 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 cada vez más protagonismo en la red al participar cada vez más en nuevos 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, con mayores ratios de especialización debido a su carácter de proveedor de subconjuntos estructurales y con niveles de virtualización muy altos, ya que no fabrican ningún motor íntegramente en sus instalaciones. 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 y la variable de virtualización (VIRT) signo positivo con niveles de significación y bondad general del modelo aceptables, lo que demuestra la hipótesis 4.

Los nuevos actores en la red están formados por fabricantes de motores de aviones de países emergentes o tecnológicamente menos avanzados como el caso de AVIC (China), HAL (India) o NPO Saturn (Rusia) y grandes corporaciones industriales que hasta ahora no tenían mucha presencia en la industria aeronáutica como es el caso de Mitsubishi Heavy Industries o Kawasaki Heavy Industries. 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 5.

Estructuralmente la red está 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, tal y como se proponía en la hipótesis

1. Los nuevos actores de la red (tipo 3) presentan muchos agujeros estructurales y lazos débiles lo que fomenta la innovación. Esta morfología coincide con lo que Reagans et al., (2003) definen como una “red óptima” donde 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.

Los valores más altos de virtualización y de especialización en la red lo obtienen los actores tipo 2 y 3 ya que son precisamente los que no tienen, en la mayoría de los casos, capacidad para fabricar motores íntegramente. Los grandes fabricantes de motores (actores tipo 1) aún no alcanzan un nivel de virtualización, ni especialización elevados por la falta de una perspectiva sistémica de la RVFG.

Viendo la evolución de la industria de motores aeronáuticos en los últimos años y su situación actual sería interesante analizar su posible evolución en el futuro. ¿Evolucionará hacia una mayor virtualización de la red donde todos los motores se fabricarán en colaboración con otros actores o tenderá a centralizarse alrededor de los grandes fabricantes de la red? ¿Alcanzará esta RVFG una perspectiva sistémica con fuerte “co-especialización” entre actores basada en especializarse en actividades complementarias entre ellos, o tenderá a desintegrarse y los actores volverán a fabricar íntegramente los motores en sus propias instalaciones?

Cuando se observa el desarrollo de estas redes en algunos mercados su crecimiento parece imparable, sobre todo en sectores en los que algunas de las causas que llevaron a la aparición de estas redes han crecido intensamente tales como la diversificación de los riesgos financieros, la necesidad de transferir el conocimiento tácito o el acceso a nuevos mercados. Por lo que las RVFGs tenderán a aumentar la colaboración virtual entre empresas. Los sistemas de producción del futuro se basarán en las relaciones con los distintos componentes de una red virtual que permitirá a cada empresa diseñar una cadena de suministro específica para cada proyecto específico. 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.

Anexo I
Tipología de lazos según intensidad de la relación: lazos fuertes y lazos débiles.

Tipo de lazo	Descripción	Ejemplos
Lazo Muy Fuerte	<ul style="list-style-type: none"> • Participación accionarial en otra empresa igual o mayor del 50%. • Participación en una joint venture igual o mayor de un 50%. 	<ul style="list-style-type: none"> • Relación entre Honeywell y Allison o entre Snecma y Techspace Aero
Lazo Fuerte	<ul style="list-style-type: none"> • Participación accionarial en otra empresa entre un 15 y un 49%. • Participación en una joint venture entre un 15 y un 49%. • Participación conjunta en un proyecto donde ambas empresas colaboran como "risk and revenue sharing partners" como mínimo en un 30% cada una. • Participación conjunta en un proyecto donde ambas empresas colaboran como socios de programa como mínimo en un 40% cada una 	<ul style="list-style-type: none"> • Relación entre RR e ITP (RR posee el 47% de ITP). • Relación entre P&W y International Aero Engines (JV del 32,5%)
Lazo Débil	<ul style="list-style-type: none"> • Participación accionarial en otra empresa menor de un 15%. • Participación en una joint venture menor de un 15%. • Participación conjunta en un proyecto donde ambas empresas colaboran como "risk and revenue sharing partners" como mínimo entre un 10% y un 29% cada una. • Participación conjunta en un proyecto donde ambas empresas colaboran como socios de programa entre un 15% y un 39% cada una. 	<ul style="list-style-type: none"> • Relación entre MHI e International Aero Engines (JV 3,45%)
Lazo Muy Débil	<ul style="list-style-type: none"> • Participación conjunta en un proyecto donde ambas empresas colaboran como "risk and revenue sharing partners" menos de un 10% cada una. • Participación conjunta en un proyecto donde ambas empresas colaboran como socios de programa menos de un 15% cada una • Proveedor preferente de componentes de motor • Licencia de fabricación de un motor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Participación de KHI en el motor Trent 700 (4%)

Tabla 7: Tipología de colaboraciones entre actores de la red

La variable NLF_i (número de lazos fuertes) incluye todos los lazos muy fuertes y fuertes descritos en la tabla 7 que establece el actor *i* de la red con el resto de actores. Mientras que la variable NLD_i (número de lazos débiles) incluye todos los lazos débiles y muy débiles descritos en la tabla 7 que establece el actor *i* de la red con el resto de actores.

Agujeros Estructurales en la Red

La variable AGEST_{*i*} mide los agujeros estructurales de cada actor en la red. Esta variable se basa en el concepto desarrollado originalmente por Burt (1992) y adaptado por Ahuja (2000). Para ello se calcula el ratio entre contactos no redundantes y contactos totales establecidos por el actor *i* de la red.

$$AGEST_i = \frac{\sum_{j=1}^{NLDIR_i} \left[1 - \frac{(NLRED_{ij})}{(NLDIR_i - 1)} \right]}{NLDIR_i} \quad (4)$$

Donde:

- $i = 1, \dots, N$.
- $j = 1, \dots, NLDIR_i$.
- N es el número total de actores en la red.
- $NLDIR_i$ = Es el número de lazos directos totales establecidos por el actor *i*.
- $AGEST_i$ = Son los agujeros estructurales del actor *i* medido como el ratio entre lazos directos no redundantes y lazos directos totales establecidos por el actor *i*.
- $NLRED_{ij}$ = Número de lazos redundantes. Son los lazos establecidos por el actor *j* (unido por un lazo directo al actor *i*) con otros actores con los que el actor *i* tiene establecidos lazos directos.

Esta variable mide el grado de colaboraciones que existe entre los actores que tienen lazos directos con un mismo actor. Por ejemplo, en la figura 6 se representan los lazos directos de Avio en la red y las colaboraciones que mantiene entre sí los actores que colaboran con Avio. A mayor valor de AGEST, mayor número de agujeros estructurales. El caso máximo ($AGEST = 1$) significa que ninguno de los actores que directamente colaboran con Avio están conectados

entre sí, lo que implicaría una tipología en estrella. El valor mínimo de AGEST = 0 significa que no existen agujeros estructurales y por lo tanto, todos los actores están conectados entre sí. En el caso de Avio, AGEST es 0,65, lo que implica un grado alto de agujeros estructurales.

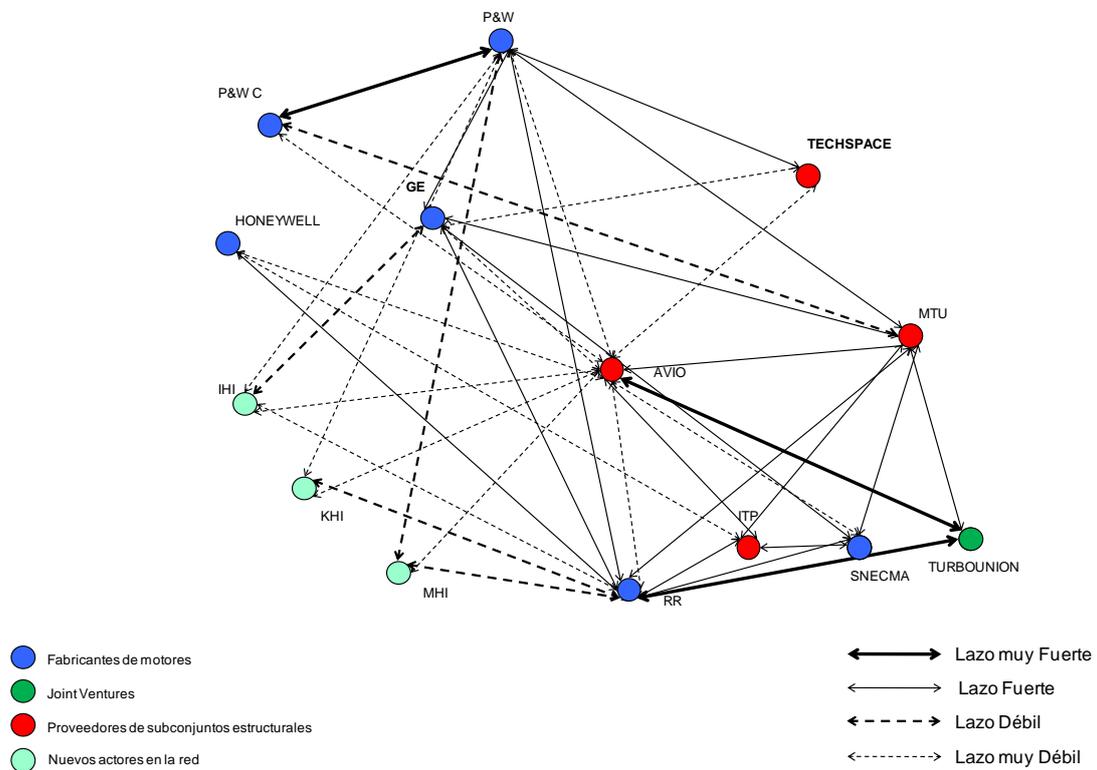


Figura 6: Agujeros estructurales de Avio

Índice de Centralización.

Para medir la centralización que existe en la RVFG se han utilizado dos variables: la centralidad del actor y el índice de centralización de la red.

La centralidad del actor (CA) es una adaptación de la propuesta de Borgatti y Everett (1997) formada por el cociente entre el número de lazos directos que establece un actor con otros actores de la red, ponderados según la fortaleza del lazo, en relación al número máximo de lazos que podría obtener si establecería lazos muy fuertes con todos los actores de la red.

El índice de centralización (ICR) mide la tendencia a la centralización global de la red basada en la existencia de uno o varios actores centrales alrededor de los cuales otros actores periféricos establecen la mayoría de las relaciones. Cuanto

mayor es ICR mayores probabilidades existen de que haya un actor central. El índice propuesto es una adaptación a la propuesta de Fremman (1979) utilizada por muchos autores (ej.: Wasserman y Faust, 1995, Ahuja, 2000, Borgatti y Evert, 1997, Bonaccorsi y Giuri, 2001) a la que se le aplica una ponderación de los lazos según la intensidad de la relación:

$$\text{Índice de Centralización de la Red (ICR)} = \frac{\sum_{i=1}^N \text{NLDIRPND}_{\max} - \text{NLDIRPND}_i}{\sum_{i=1}^N \text{NLDIRPND}_{\max i} - \text{NLDIRPND}_i} \quad (5)$$

Donde:

- NLDIRPND_i : Número de lazos directos que establece el actor i con otros actores de la red, ponderados según la fortaleza del lazo. Ponderación lazos muy fuertes = 1; lazos fuertes = 0,5; lazos débiles = 0,25 y lazos muy débiles = 0,125.
- NLDIRPND_{\max} : Mayor número de lazos directos ponderados, según la intensidad de su relación, que establece un actor con otros los otros actores de la red.
- $\text{NLDIRPND}_{\max i}$: Número máximo teórico de lazos directos muy fuertes que podría establecer un actor con otros los otros actores de la red.

Este índice podrá variar entre 0 cuando todos los actores tienen el mismo número de lazos y 1 que sería el caso de una tipología de red en estrella donde un solo actor de la red se relaciona con todos los demás y éstos sólo mantienen relaciones con ese actor central.

Grado de Virtualización

Mide el grado de participación en proyectos de la red de un actor. Se representa por la variable denominada VIRT formada por el ratio de motores que se realizan en colaboración con otros actores de la RVFG, en comparación con los motores totales que fabrica un determinado actor. Es decir, mide la proporción de motores que son fabricados externamente a través de colaboraciones externas con otros actores de la red sobre el total de motores que fabrica un actor. Un grado de virtualización de 0 significa que ese actor fabrica todos los motores íntegramente

en sus instalaciones, sin ningún tipo de colaboración horizontal con otros actores. Mientras que un grado de virtualización de 1 significaría que todos los motores que fabrica ese actor se hacen a través de colaboraciones horizontales con otros actores de la red. Se representa por la fórmula:

$$VIRT_i = \frac{\sum_{k=1}^M MEDANMOT_k * (1 - COLAB_{ik})}{MEDANMTIN_i} \quad (6)$$

Donde:

- N es el número total de actores en la red.
- M es el número total de familias de motores que se fabrican con algún tipo de colaboración en la red.
- $i = 1, \dots, N$.
- $k = 1, \dots, M$.
- $MEDANMOT_k$: Media anual de unidades fabricadas de la familia de motores k.
- $MEDANMTIN_i$: Media anual total de los motores fabricados por el actor i.
- $COLAB_{ik}$: Grado de colaboración o participación del actor i en la fabricación de la familia de motores k, en tanto por uno.

Ratio de Especialización Normalizado

El ratio de especialización (RE) que mide el grado de especialización de un actor de la red alrededor de uno o unos pocos subconjuntos estructurales del motor y se define como:

$$RE_i = \sum_{j=1}^{NS} \frac{P_{ij} * X_{ij}}{S_i} \quad (7)$$

$i = 1, 2, \dots, N$
 $j = 1, 2, \dots, NS$

Donde:

- RE_i es el ratio de especialización del actor i de la red.

- N es el número de actores en la red.
- NS es el número de los diferentes tipos de subconjuntos estructurales.
- S_i es el número total de subconjuntos estructurales en los que participa el actor i de la red.
- X_{ij} es la frecuencia con la que aparece el subconjunto estructural j del actor i ordenado por frecuencia de aparición para cada actor.
 - X_{i1} representa el subconjunto estructural del actor i que aparece con mayor frecuencia.
 - X_{iNS} es el subconjunto estructural del actor i que aparece con menor frecuencia.
- P_{ij} es la ponderación que se le da a cada subconjunto estructural. P_{i1} es 0 y se incrementa en una unidad por cada subconjunto estructural diferente en el que participe cada actor de la red.

Se ha normalizado este ratio al dividirlo por el valor máximo que RE puede alcanzar y que sería el caso en el que todos los coeficientes X_{ij} fuesen iguales independientemente de su valor, y se ha restado de la unidad.

Es decir, el ratio de especialización normalizado, $REN_i = 1 - \frac{RE_i}{RE_{max}}$ (8)

Donde $REN = 1$ significa la máxima especialización posible y $REN = 0$ representa un actor sin ningún tipo de especialización que realiza proyectos en todos los conjuntos estructurales.

Referencias

AHUJA, G. (2000). Collaboration Networks, Structural Holes, and Innovation: A Longitudinal Study. *Administrative Science Quarterly*, 45(3): (Sep) 425-455.
[doi:10.2307/2667105](https://doi.org/10.2307/2667105)

- ARNTZEN, B.C.; BROWN, G.; HARRISON, T.P.; TRAFTON, L.L. (1995). Global supply chain management at Digital Equipment Corporation. *Interfaces*, 25(1): 69–93.
[doi:10.1287/inte.25.1.69](https://doi.org/10.1287/inte.25.1.69)
- ARRUÑADA, B., VÁZQUEZ, X., (2006). When your contract manufacturer becomes your competitor, *Harvard Business Review* (September).
- BENGTSSON, M. Y.; KOCK, S. (1999). Cooperation and Competition in Relationships Between Competitors in Business Networks. *Journal of Business and Industrial Marketing*, 14(3): 178-194.
[doi:10.1108/08858629910272184](https://doi.org/10.1108/08858629910272184)
- BEUGELSDIJK, S.; KOEN, C.; NOORDERHAVEN, N. (2009). A dyadic approach to the impact of differences in organizational culture on relationship performance *Industrial Marketing Management* 38, 312–323.
[doi:10.1016/j.indmarman.2008.02.006](https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2008.02.006)
- BONACICH, P. (1987). Power and centrality: A family of measures. *American Journal of Sociology*, 92: 1170-1182.
[doi:10.1086/228631](https://doi.org/10.1086/228631)
- BONACCORSI, A.; GIURI, P. (2000). When shakeout doesn't occur. The evolution of the turboprop engine industry. *Research Policy* 29, 847–870.
[doi:10.1016/S0048-7333\(00\)00109-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(00)00109-8)
- BORGATTI, S.P.; EVERETT, M.G. (1997). Network analysis of 2-mode data. *Social-Networks* 19, 243–269.
[doi:10.1016/S0378-8733\(96\)00301-2](https://doi.org/10.1016/S0378-8733(96)00301-2)
- BRASS, D. J.; 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. (2004). Structural Holes and Good Ideas. *American Journal of Sociology*. 110(2), 349-99.
[doi:10.1086/421787](https://doi.org/10.1086/421787)
- BURT, R. (1992). Structural Holes: The Social Structure of Competition". *Harvard University Press*, Cambridge, MA.

- CAMARINHA-MATOS, L.M.; AFSARMANESH, H.; GALEANO, N.; MOLINA, A. (2009). Collaborative networked organizations – Concepts and practice in manufacturing enterprises. *Computers & Industrial Engineering*, 57: 46–60.
[doi:10.1016/j.cie.2008.11.024](https://doi.org/10.1016/j.cie.2008.11.024)
- CAMM, J.D.; CHORMAN, T.R.; DILL, F.A.; DENNIS, J.R.; SWEENEY, J.; GLENN, WEGRYN, W. (1997). Blending OR/MS, judgment, and GIS: Restructuring P&G's supply chain. *Interfaces*, 27(1): 128–142.
[doi:10.1287/inte.27.1.128](https://doi.org/10.1287/inte.27.1.128)
- CHEN, X. P.; 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.
- 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.
[doi:10.1016/j.compind.2007.12.012](https://doi.org/10.1016/j.compind.2007.12.012)
- CHOI, T.Y.; DOOLEY, K.J.; RUANGTUSANATHAN, M. (2001). Supply Networks and Complex Adaptive Systems: Control Versus Emergence, *Journal of Operations Management*, 19: 351-366.
[doi:10.1016/S0272-6963\(00\)00068-1](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(00)00068-1)
- COLEMAN, J. (2000). Social capital in the Creation of Human Capital. En: Lesser, Eric L. Knowledge and Social Capital. *Foundations and Applications*. Boston: Butterworth Heineman.
- COLOTLA, I. (2002). *Global Manufacturing Strategy Process: A Proposal for a Process Approach Integrating Factory and Network Perspectives*. 7th Annual Cambridge International Manufacturing Symposium Proceedings, Cambridge, UK.
- COX, D.R.; Y SNELL E.J. (1989). *Analysis of binary data (2nd edition)*. London: Chapman & Hall.
- DITTRICH, K.; DUYSTERS, G.; MAND A. (2007). Strategic repositioning by means of alliance networks: The case of IBM. *Research Policy*, 36: 1496–1511.
[doi:10.1016/j.respol.2007.07.002](https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.07.002)
- DOZ, Y.L.; HAMEL, G. (1998). *Alliance Advantage*. Harvard Business Press, 1998.

DUSSAUGE, P.; GARRETTE, B. (1995). Determinants of Success in International Strategic Alliances: Evidence from the Global Aerospace Industry. *Journal of International Business Studies*, 26: 505-530.

[doi:10.1057/palgrave.jibs.8490848](https://doi.org/10.1057/palgrave.jibs.8490848)

ESPOSITO, E. (2004). Strategic alliances and internationalisation in the aircraft manufacturing industry. *Technological Forecasting & Social Change*, 71: 443–468.

[doi:10.1016/S0040-1625\(03\)00002-7](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(03)00002-7)

FLETCHER, P. (1997). Performing a multiplant ballet. *Industry Week*, 246:19–21

FOSTER, J. (2000). Competitive selection, self-organisation and Joseph A Schumpeter. *Journal of Evolutionary Economics*, 10(3): 311–328.

[doi:10.1007/s001910050017](https://doi.org/10.1007/s001910050017)

FREEMAN, L.C. (1979). Centrality in social network: I. Conceptual clarification. *Social Networks* 1: 215–239.

[doi:10.1016/0378-8733\(78\)90021-7](https://doi.org/10.1016/0378-8733(78)90021-7)

GRANOVETTER, M. (1985). Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness. *The American Journal of Sociology*, 91(3): 481-510.

[doi:10.1086/228311](https://doi.org/10.1086/228311)

GULATI, R. (1999). Network Location and Learning: The Influence of Network Resources and Firm Capabilities on Alliance Formation. *Strategic Management Journal*, 20(5): 397-420.

GULATI, R. (1995). Does Familiarity Breed Trust? The Implications of Repeated Ties for Contractual Choice in Alliances. *The Academy of Management Journal*, 38: 165-190.

[doi:10.2307/256729](https://doi.org/10.2307/256729)

GULATI, R.; GARGIULO, M. (1999). Where Do Interorganizational Networks Come From?. *The American Journal of Sociology*, 104(5): 1439-1493.

[doi:10.1086/210179](https://doi.org/10.1086/210179)

GULATI, R.; SYTCH, M. (2008). Does Familiarity Breed Trust? Revisiting the Antecedents of Trust. *Managerial and Decision Economics*, 29: 165-190.

[doi:10.1002/mde.1396](https://doi.org/10.1002/mde.1396)

- HARGADON, A.; SUTTON, R. I. (1997). Technology brokering and innovation in a product development firm. *Administrative Science Quarterly*, 42: 716-749.
[doi:10.2307/2393655](https://doi.org/10.2307/2393655)
- HOFSTEDE, G. (2009). The cultural relativity of organizational practices and theories – Perspective. *Journal of International Business Studies*, 40: 1589.
- HOOPEs, D.G.; MADSEN, T.L.; 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: 889-902.
[doi:10.1002/smj.356](https://doi.org/10.1002/smj.356)
- IMBERTI, L.; TOLIO, T. (2003). Manufacturing planner agents in network enterprises. *IJATM*, 3 (3/4): 315–327.
[doi:10.1504/IJATM.2003.003810](https://doi.org/10.1504/IJATM.2003.003810)
- JANE'S AERO ENGINES, (2007). Edited by Bill Gungston. Information Group, Sentinel House.
- JANE'S ALL THE WORLD'S AIRCRAFT, (2005). Edited by P. Jackson. Jane's Information Group, Sentinel House.
- 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.
[doi:10.1016/j.rcim.2005.04.003](https://doi.org/10.1016/j.rcim.2005.04.003)
- JOHANSEN, K.; COMSTOCK, M. (2005). Coordination in collaborative manufacturing mega-networks: A case study. *Journal of Engineering and Technology Management*, 22 (3): 226-244.
[doi:10.1016/j.jengtecman.2005.06.005](https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2005.06.005)
- LEE, H.L.; BILLINGTON, C. (1995). The evolution of supply-chain management models and practices at Hewlett-Packard. *Interfaces*, 25(5): 42–63.
[doi:10.1287/inte.25.5.42](https://doi.org/10.1287/inte.25.5.42)
- LECHNER, C.; DOWLING, M.; WELPE, I. (2006). Firm networks and firm development: The role of the relational mix. *Journal of Business Venturing*, 21: 514–540.
[doi:10.1016/j.jbusvent.2005.02.004](https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2005.02.004)

- LI, R.; YU, T.; FANG, M. (2004). The Reliability Management of Manufacturing Grid. CIMS and Robot Center, Shanghai University, Shanghai, China, *Flexible Automation and Intelligent Manufacturing*, FAIM2004, Toronto, Canada.
- LIU, Q.; SHI, Y. J. (2008). Grid manufacturing for cross-enterprise. *Int J Adv Manuf Technol* 36: 205–212.
[doi:10.1007/s00170-006-0832-8](https://doi.org/10.1007/s00170-006-0832-8)
- 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.
- LUO, Y. (2007). A competition perspective of MNC-host government relations. *Journal of International Management*, 10(4): 431-451.
- MALHOTRA, N. (1984). The use of linear logit models in Marketing research. *Journal of Marketing Research*, 21: 20-31.
[doi:10.2307/3151789](https://doi.org/10.2307/3151789)
- MATHEWS, J.A.; SNOW, C.S. (1998). A conversation with the Acer Group's Stan Shih on global strategy and management. *Organizational Dynamics*, 27(1): 65–74.
[doi:10.1016/S0090-2616\(98\)90041-9](https://doi.org/10.1016/S0090-2616(98)90041-9)
- NAGELKERKE, N.J. (1991). A note on a general definition of the coefficient of determination. *Biometrika*, 78(3): 691-692.
[doi:10.1093/biomet/78.3.691](https://doi.org/10.1093/biomet/78.3.691)
- NALEBUFF, B.J.; BRANDENBURGER, A.M. (1996). La competition, une révolution dans la manière de jouer concurrence et cooperation. Village Mondial, Paris.
- OBSTFELD, D. (2005). Social Networks, the Tertius Iungens Orientation, and Involvement in Innovation. *Administrative Science Quarterly*, 50 (1): 100-130
- PARK, S.K.; UNGSON, G.R. (2001). Interfirm Rivalry and Managerial Complexity: A Conceptual Framework of Alliance Failure. *Organization Science*, 12 (1): 37-53.
[doi:10.1287/orsc.12.1.37.10118](https://doi.org/10.1287/orsc.12.1.37.10118)
- PARK, S.H.; RUSSO, M. (1996). When competition eclipses cooperation: An event history analysis of alliance failure. *Management Science* 42: 875-890.
[doi:10.1287/mnsc.42.6.875](https://doi.org/10.1287/mnsc.42.6.875)

PARKHE, A. (1993). The structuring of strategic alliances: A game- theoretic and transaction-cost examination of interfirm cooperation. *Acad. Management J.*, 36: 794-829.

[doi:10.2307/256759](https://doi.org/10.2307/256759)

PÉREZ, C. (2009). *Modelos Econometricos con SPSS*. Garceta Grupo Editorial.

PORTER, M., (1996). What is Strategy? *Harvard Business Review*, 74 (6): 61-78.

PULIDO, A. (2001). *Modelos econométricos*. Ed. Pirámide. Madrid. ISBN 84-368-1534-3.

REAGANS, R.; ZUCKERMAN, E.; 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.; OLHAGER, J. (2003a). Manufacturing networks and supply chains: and operations strategy perspective. *OMEGA*, 31 (1): 29-39.

[doi:10.1016/S0305-0483\(02\)00063-4](https://doi.org/10.1016/S0305-0483(02)00063-4)

RUDBERG, M.; OLHAGER, J. (2003b). Manufacturing strategy and e-business: An exploratory study. *Integrated Manufacturing Systems*, 14 (4): 334

RUDBERG, M.; OLHAGER, J. (2008). Global operations strategy: Coordinating manufacturing networks. *Omega*, 36: 91–106.

[doi:10.1016/j.omega.2005.10.008](https://doi.org/10.1016/j.omega.2005.10.008)

RUDBERG, M.; 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).

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.

[doi:10.1016/j.aei.2006.05.004](https://doi.org/10.1016/j.aei.2006.05.004)

SHI, Y.; FLEET, D.; 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.; GREGORY, M. (2003). From Original Equipment Manufacturers to Total Solution Providers: an emergence of Global Manufacturing Virtual Network in electronics industry. *International Journal of Service Technology and Management*, 4 (4-6): 331–346.

[doi:10.1504/IJSTM.2003.003619](https://doi.org/10.1504/IJSTM.2003.003619)

SHI, 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*, 43 (3): 668-698.

[doi:10.2307/2393679](https://doi.org/10.2307/2393679)

STURGEON, J. (2002). Modular production networks: A new American model of industrial organization. *Industrial and Corporate Change*, 11 (3): 451-496.

[doi:10.1093/icc/11.3.451](https://doi.org/10.1093/icc/11.3.451)

STURGEON, T. (2000). *How Do We Define Value Chains and Production Networks?* MIT IPC Working Paper 00-011, Bellagio Value Chains Workshop, September 25 – October 1, 2000; Rockefeller Conference Center, Bellagio, Italy.

STURGEON, T. (1999). *Turn-key production networks: industrial organization, economic development, and the globalization of the electronics manufacturing supply-base*. Ph.D. dissertation, Department of Geography, University of California at Berkeley.

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: 996-1004.

[doi:10.2307/3069443](https://doi.org/10.2307/3069443)

USHER, J.M. (2003). Negotiation-based routing in job shops via collaborative agents. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 14 (5): 485–499.

[doi:10.1023/A:1025705426184](https://doi.org/10.1023/A:1025705426184)

UZZI, B. (1997). Social structure and competition in interfirm networks: the paradox of embeddedness. *Administrative Science Quarterly*, 42: 35-67.

[doi:10.2307/2393808](https://doi.org/10.2307/2393808)

[doi:10.2307/2393931](https://doi.org/10.2307/2393931)

VILANA J. R.; RODRÍGUEZ-MONROY C. (2009). Let Others Manufacture! Towards A New Manufacturing Framework. *Intangible Capital*, 5 (4): 347-369.

VILANA J.R.; RODRÍGUEZ-MONROY C. (2008). Strategic Positioning of Global Manufacturing Virtual Networks in the Aeronautical Industry. *Intangible Capital*, 5 (2); 289-308.

WASSERMAN, S.; FAUST, K. (1995). *Social Network Analysis: Methods and Applications*. Cambridge, University Press, Cambridge.

WILLIAMS, T.; ELLIS, B.; MAULL, R.; 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.

WINDAHL, W.; LAKEMON, N. (2006). Developing integrated solutions: The importance of relationships within the network. *Industrial Marketing Management*, 35: 806–818.

[doi:10.1016/j.indmarman.2006.05.010](https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2006.05.010)

ZENG M.; CHEN X.P. (2003). Achieving Cooperation in Multiparty Alliances: A Social Dilemma Approach to Partnership Management. *The Academy of Management Review*, 28 (4): 587-605.

[doi:10.2307/30040749](https://doi.org/10.2307/30040749)

Intangible Capital, 2011 (www.intangiblecapital.org)



Article's contents are provided on a Attribution-Non Commercial 3.0 Creative commons license. Readers are allowed to copy, distribute and communicate article's contents, provided the author's and Intangible Capital journal's names are included. It must not be used for commercial purposes. To see the complete license contents, please visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/es/>