

La cadena de suministro del sector metalúrgico: un análisis de sus principales eslabones (The Supply Chain in the metallurgical sector: an analysis of the main links)

Patricia Carbajo-de-Lera¹, Rafaela Alfalla-Luque², Carmen Medina-Lopez³

¹Dpto. de Economía Financiera y Dirección de Operaciones. Universidad de Sevilla. pcarbajo21@gmail.com

² Grupo GIDEAO. Dpto. de Economía Financiera y Dirección de Operaciones. Universidad de Sevilla. alfalla@us.es

³ Grupo GIDEAO. Dpto. de Economía Financiera y Dirección de Operaciones. Universidad de Sevilla. cmedina@us.es

Resumen: Los directivos actuales conciben que la competencia ya no es empresa frente a empresa, sino que desborda este plano generándose una competencia cadena de suministro frente a cadena de suministro. Por ello, la gestión de la cadena de suministro se convierte en un elemento clave para la supervivencia empresarial y la obtención de ventajas competitivas. El diseño de la cadena de suministro viene definido, en buena parte, por las características del sector al que pertenece. En consecuencia, es de interés realizar análisis sectoriales. El presente trabajo tiene como objetivo analizar la cadena de suministro en un sector de gran importancia en la economía española, como es el metalúrgico. En concreto, buscamos determinar su cadena de suministro, definiendo los principales eslabones que la configuran y las relaciones entre ellos.

Abstract: In the current business context, competition is no longer firm against firm, but has moved on to a higher plane, with the generation of supply chain against supply chain competition. Therefore, Supply Chain Management (SCM) has strategic relevance as a source of competitive advantage. The design of the supply chain is defined largely by the characteristics of the sector. Consequently, sectorial analysis is required. The aim of this paper is to analyze the supply chain of the metallurgical sector. Specifically, it will be focused on determining its supply chain and defining its main links and relationships.

Keywords: Cadena de suministro; Integración; Sector Metalúrgico; Supply Chain; Integration; Metallurgical Sector.

1. Introducción

Hace ya varios años que en el mundo empresarial se considera la cadena de suministro (CS) como uno de los pilares fundamentales de la gestión. Las empresas no son unidades aisladas que deben actuar de forma independiente, sino que están relacionadas con el objetivo último de servir al cliente final, que es el que mueve toda la cadena.

Los directivos actuales conciben que la competencia ya no es sólo empresa a empresa, sino que desborda este plano generándose una competencia cadena de suministro frente a cadena de suministro (Johnson y Pyke, 2000; Christopher, 2000; Ketchen y Guinipero, 2004; Boyer et al., 2005; Ketchen y Hult, 2007).

Una adecuada Gestión de la Cadena de Suministro (GCS) se está convirtiendo en un elemento clave para las compañías que tratan de alcanzar una alta competitividad aunando fuerzas

mediante una adecuada integración de todos los elementos de la cadena de suministro (Alfalla-Luque y Medina-Lopez, 2009).

Una cadena de suministro debe buscar su integración, pues investigaciones previas señalan que si aumenta su grado de integración, mayores son los beneficios potenciales que se pueden obtener (Wood 1997; Tan et al. 1998; Frohlich y Westbrook, 2001; Rosenzweig et al., 2003; Cagliano et al., 2004; Kulp et al. 2004; Bagchi et al., 2005a). Por tanto, es de vital interés para las empresas tener un conocimiento claro de la cadena de suministro en la que se encuentran y mejorar su grado de integración para poder obtener los beneficios que de ello se derivan. En consecuencia, es necesario conocer y hacer visibles las cadenas de suministros en las que las empresas se encuentran inmersas con el fin de poder mejorarlas. Por ello, el presente estudio busca analizar la cadena de suministro de un sector de gran importancia para la economía española, como es el metalúrgico. Ello permitirá establecer su cadena de suministro y hacer visibles sus eslabones principales, como punto de partida para posibles mejoras en dicha cadena de suministro.

Con respecto al sector objeto de estudio, el sector metalúrgico, es importante destacar que es uno de los sectores industriales más importantes en España desde el punto de vista económico. Supone cerca del 40% de la producción industrial del país y su valor añadido bruto se sitúa alrededor del 9,5% del PIB español (Confemetal, 2010).

Las empresas del metal superan las 150.000 en España, es decir, alrededor del 5% del total del país. Además, la gran mayoría de ellas son PYMES, teniendo el 87% de ellas menos de diez asalariados. Entre todas las empresas del sector se emplean alrededor de millón y medio de personas, siendo, de cada cien empleos de la industria española, treinta y siete de este sector (Confemetal, 2006).

La industria del metal engloba una gran diversidad de actividades productivas, que van desde la fundición a las actividades de transformación y soldadura o el tratamiento químico de superficies. El nexo común que agrupa a estos procesos heterogéneos es que emplean el metal (ferroso y no ferroso) como *input* básico (Federación Española de Centros Tecnológicos, FEDIT, 2007).

El sector metalúrgico es, por tanto, un sector complejo desde el punto de vista de su cadena de suministro e importante desde el punto de vista de sus cifras en la economía, lo que justifica centrar la presente investigación en el mismo.

2. Objetivos del trabajo y metodología

El objetivo de este trabajo es definir y analizar la cadena de suministro del sector metalúrgico. En concreto, se busca establecer los principales eslabones que la configuran y las relaciones existentes entre ellos.

Para analizar el sector metalúrgico con carácter general se ha realizado un amplio estudio sobre su funcionamiento a través de diferentes fuentes. La información más relevante se ha obtenido a través de Internet, tanto en páginas webs de administraciones públicas como el Instituto Nacional de Estadística (INE), Instituto Español de Comercio Exterior (ICEX) o la Comisión Europea de Empresa e Industria. También se han consultado páginas Web de asociaciones del sector como la de la Federación Española de Asociaciones de Fundidores (FEAF), la Confederación Española de Organizaciones Empresariales del Metal (Confemetal) o la del Sector Metalúrgico, o en otras webs como Kompass (buscador de empresas) o la de Interempresas en el apartado de la Industria Metal Mecánica. Con ello se ha establecido el

funcionamiento del sector y sus principales eslabones. Para profundizar en el conocimiento de la cadena de suministro se han analizado páginas web e informes de empresas clave del sector (p.e. Cometal S.A., Grupo Lyrsa, Ferrovías S.L. o Cometal S.A.) con el fin de analizar su actividad y establecer la cadena de suministro general del sector.

Por otro lado, y de forma paralela, se ha realizado una revisión bibliográfica exhaustiva en bases de datos para poder analizar qué investigan otros autores sobre la cadena de suministro del sector metalúrgico, siguiendo la metodología establecida por Medina-Lopez et al. (2010). Las bases de datos seleccionadas han sido las tres más relevantes actualmente en nuestro campo de estudio: Scopus, Abi Informs y Web of Science del ISI Web of Knowledge. En todas ellas hemos establecido la misma estrategia de búsqueda, analizándose a posteriori las posibles coincidencias de artículos y los falsos positivos (artículos que aparecen en la búsqueda pero que no responden al objetivo de este estudio).

Los resultados de las búsquedas realizadas se indican en la Tabla 1. Dicha tabla muestra, por un lado, los resultados de las diferentes búsquedas en la columna de “Nº de artículos encontrados”, y, por otro, una columna con el título de “Nº de artículos válidos”, que son los que, a priori, resultan de interés para nuestro estudio. Se consideraron artículos válidos aquellos que, tras leer el resumen de los mismos, se determinó que podían responder a los objetivos de la investigación.

Tabla 1. Revisión bibliográfica. Fuente: Elaboración propia

	Palabras clave	Nº de artículos encontrados	Nº de artículos seleccionados
Abi-Inform	Busqueda A: metallurg* and (supply or distribution or logistic* or sourc*)	317	5
	Busqueda B: metallurg* and "supply chain"	4	1
Scopus	Busqueda A: metallurg* and (supply or distribution or logistic* or sourc*) (solo en título)	62	4
	Busqueda B: metallurg* and "supply chain"	26	8
ISI	Busqueda A: metallurg* and (supply or distribution or logistic* or sourc*) (solo en título)	42	2
	Busqueda B: metallurg* and "supply chain"	11	6

Se han realizado dos tipos de búsqueda en título, abstract y/o palabras clave. De los resultados obtenidos, tras una lectura inicial del abstract, fueron seleccionados un total de 7 artículos que inicialmente parecían centrarse en algún aspecto de interés respecto a la cadena de suministro del sector metalúrgico. Indicar que no coincide este total con la suma de artículos seleccionados que aparece en la Tabla 1 porque existían artículos repetidos entre las diferentes bases de datos. Sin embargo, tras una lectura exhaustiva de los seleccionados inicialmente se comprobó que ninguno de ellos nos servía para los objetivos del presente trabajo, aunque sí para futuros desarrollos de esta línea de investigación. Realmente, ninguno analizaba la cadena de suministro del sector metalúrgico, sino que se centraban en algún eslabón sin analizar sus relaciones con el resto.

3. Resultados

Del estudio de las diferentes fuentes de información indicadas en el apartado anterior (e.g. Interempresas, Confemetal) se revela que la cadena de suministro de este sector está integrada en su gran mayoría, por PYMES, siendo éstas empresas flexibles, versátiles, innovadoras y orientadas al servicio (Comisión Europea. DG Empresa e Industria, 2010). El tamaño de las empresas les hace ser flexibles y tener la posibilidad de adaptarse rápidamente a los cambios del entorno, pero, también les lleva a estar dominadas por empresas mucho más grandes y fuertes en su cadena de suministro. De hecho, la competitividad del sector metalúrgico está condicionada por la presencia de unos socios muy poderosos en la cadena de suministro, como los proveedores de metal o los propios usuarios finales (industrias de automoción, aeroespacial) (Comisión Europea. DG Empresa e Industria, 2010).

Por otra parte, el análisis de la información sobre el sector (e.g. Confemetal, FEDIT, Comisión Europea de Empresa e Industria) nos ha llevado a establecer una cadena de suministro configurada por cuatro eslabones bien diferenciados (Figura 1), que van desde los proveedores de materias primas hasta el cliente, el cual viene definido por las empresas manufactureras que usan los productos derivados del metal como *inputs* básicos (automoción, aeronáutica, sector electrónico, industrias petroquímicas,...). A continuación pasamos al análisis de los diferentes eslabones.

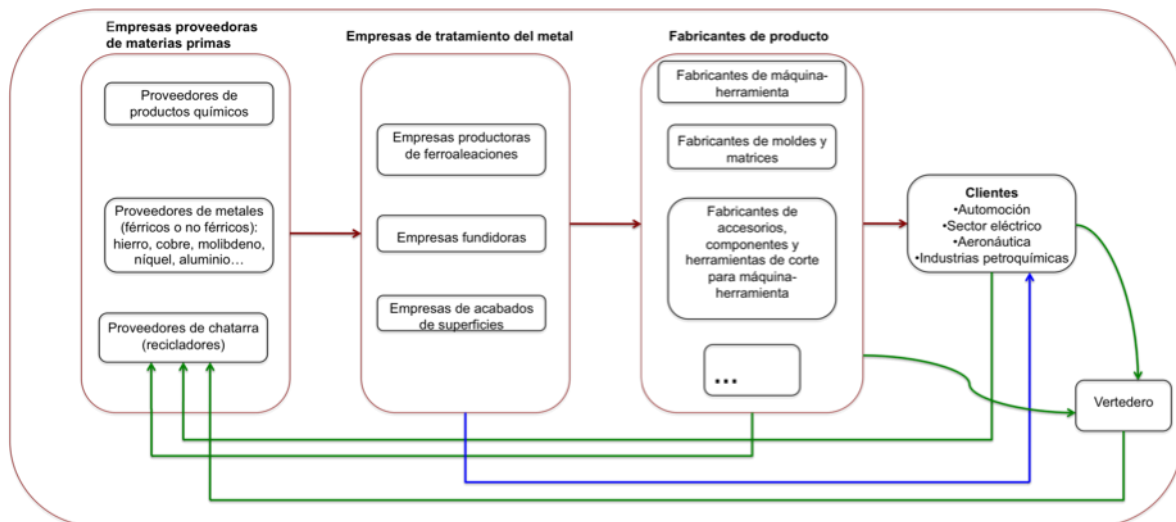


Figura 1. La cadena de suministro del sector metalúrgico
Fuente: Elaboración propia.

3.1. Empresas proveedoras de materias primas

La actividad del sector metalúrgico comienza, como cualquier otra actividad industrial, con la necesidad de obtener las materias primas necesarias para comenzar a fabricar el que será su producto final. En el caso del sector metalúrgico, las materias primas utilizadas son de naturaleza variada. Por un lado, están los productos químicos, y por otro, las materias de origen metálico, como son los metales y la chatarra.

Las empresas extractivas proporcionan los metales, que pueden ser ferricos o no ferricos. La diferencia entre ellos está en el contenido en hierro de cada uno de ellos. En este sector el único metal ferrico que se utiliza es el hierro, mientras que la utilización de los no ferricos es más común (cobre, aluminio, cinc, magnesio, níquel...). Las empresas dedicadas a la extracción de los minerales son empresas mineras, que en su mayor parte no se encuentran en

España por la escasez de minas en nuestro país, que venden sus productos a empresas del metal. La utilización de estos materiales es esencial en el sector metalúrgico, aunque en la mayor parte de los casos no se utilizan en bruto, sino que se combinan unos con otros, como ya se analizará en el siguiente eslabón de la cadena (Federación Española de Centros Tecnológicos, FEDIT, 2007).

Por otra parte, los productos químicos son, quizás, las materias primas menos conocidas en este sector, siendo vitales en el proceso productivo de la fabricación de los productos metálicos. Su uso es esencial a la hora de tratar los metales. El siguiente eslabón de la cadena, el de las empresas que se encargan del tratamiento de los metales, necesita este tipo de materias primas para gran parte de sus actividades. Por ejemplo, a la hora de llevar a cabo actividades como el abrillantado del aluminio o el galvanizado del acero necesitan ciertos productos químicos (Federación Española de Centros Tecnológicos, FEDIT, 2007).

Por último, la chatarra también actúa como materia prima dentro del proceso de reciclaje (o logística inversa). La chatarra es el conjunto de trozos de metal de desecho, y, en función de si ese metal es hierro o no, será férrica o no férrica. Esta materia prima permite crear acero. La chatarra supone, en muchas ocasiones, el punto de partida de la cadena de suministro del sector metalúrgico, ya que los productos metálicos inservibles se utilizan de nuevo como materia prima para los productos de acero (donde hay que tener en cuenta que el acero no es más que la mezcla entre hierro y carbono).

Las empresas proveedoras de chatarra son las mismas empresas que reciclan los productos metálicos. Esto significa que la cadena de suministro del sector metalúrgico posee un punto de retroalimentación, es decir, un nexo de unión entre el final de la cadena y el inicio. Por ello, estas empresas son fundamentales dentro de la cadena de valor. El principal objetivo de estas empresas es que estos materiales se puedan introducir de nuevo en la cadena productiva, reduciéndose de esta forma el impacto ambiental en nuestra economía (Cassady y Ringenwal, 2001).

3.2. Empresas de tratamiento del metal

Una vez obtenidas las materias primas se lleva a cabo el tratamiento de las mismas. Dependiendo de la actividad y el uso que se le vaya a dar al metal, éste necesitará ser tratado de una forma u otra con el fin de conseguir las características deseadas. Así, dentro de los posibles tratamientos que se les puede dar a los metales tenemos, las ferroaleaciones, la separación de metales o los acabados de superficies.

Una de las actividades más importantes del sector es la de las ferroaleaciones. Una ferroaleación es el producto homogéneo resultante de juntar hierro y otro(s) metal(es). Una de las ferroaleaciones más importantes es la que da como resultado el acero, que surge como aleación de hierro y carbono (donde la cantidad de este último determinará las propiedades del acero). (Fundación Entorno, Ministerio de Industria y Energía, 2010). El acero es uno de los productos que más se utiliza en la metalurgia, surgiendo una actividad de una importancia económica increíble, como es la siderurgia. El estudio de esta actividad merecería una especial atención, a tener en cuenta en futuras investigaciones.

La actividad de fundición es una de las más importantes, ya que será ésta la que permita moldear los metales. La fundición se llevará a cabo no solo con los metales en su estado natural, sino también con la chatarra, con el fin de convertirla nuevamente en una materia prima utilizable. De un modo sencillo, se puede definir la fundición como aquella actividad

industrial en la que a partir de un metal o aleación en estado líquido, y mediante el llenado de un molde, se obtiene un objeto con la geometría y características deseadas. (Fundación Entorno, Ministerio de Industria y Energía, 2010). Según datos del FEAF, la producción de fundiciones españolas en 2009 alcanzó las 799.039 toneladas entre las fundiciones de hierro, acero y otros metales no féreos, lo que supuso una facturación de 1.667 millones de euros.

Como última actividad en esta parte de la cadena tenemos el acabado de superficies. Bajo esta denominación se incluye un amplio abanico de procesos cuyo objetivo es la modificación o mejora de las propiedades superficiales o estructurales de un material, ya sea de forma directa o indirectamente. Los recubrimientos elaborados por esta industria permiten así, además de satisfacer funciones estéticas y decorativas, aumentar la durabilidad y la resistencia de determinados materiales (Interempresas, 2008).

3.3. Fabricantes de producto

En este eslabón de la cadena se alcanza el punto más visible de la actividad del sector metalúrgico, el de la fabricación de los productos. La magnitud que alcanza este eslabón es muy amplia. En él se incluyen multitud de empresas fabricantes de muchos y muy variados productos metálicos. Sin embargo, destacan tres tipos de empresas al ser las correspondientes a los tres de los subsectores con más proyección del sector metalúrgico. Estos tres subsectores principales son el subsector de máquina-herramienta, el subsector de moldes y matrices y el subsector de accesorios, componentes y herramientas de corte para máquina-herramienta.

El subsector de máquina-herramienta, que está en el origen de toda producción industrial moderna, dota de medios productivos a los sectores más importantes de toda economía (ICEX, 2009). La definición de máquina-herramienta engloba una amplia variedad de máquinas con un denominador común: todas ellas se dedican a fabricar productos o partes de productos (generalmente metálicos, pero no exclusivamente). Se dice que las máquinas-herramienta son máquinas madre porque posibilitan la fabricación de todas las demás máquinas incluyendo a ellas mismas (Asociación de Fabricantes de Máquina-Herramienta (AFM), 2010).

Este sector se caracteriza por la baja integración vertical, de manera que se fabrica lo que se sabe hacer mejor y se subcontrata el resto. Además poseen una tendencia al agrupamiento de fabricantes y una gran flexibilidad para adaptarse a las necesidades del cliente. De hecho, la fabricación de máquinas a medida es una especialidad y uno de los aspectos donde el sector español se diferencia respecto a los grandes fabricantes internacionales (ICEX, 2009).

Otros de los productos clave en el sector metalúrgico son los moldes y matrices. Los moldes y matrices son utillajes únicos mediante los que se fabrican la mayoría de los productos plásticos y metálicos por aplicación de diferentes técnicas de transformación de materiales (ICEX, 2007).

Centrándonos en la relación empresarial con su cadena de suministro hay que decir que estas empresas mantienen una relación muy fuerte con sus proveedores de componentes normalizados y con sus proveedores de acero, siendo ésta una materia prima básica para su actividad. Aguas abajo, sus principales clientes son los fabricantes de automóviles o pertenecientes al sector auxiliar de automoción.

Por último, dentro del eslabón de fabricantes de producto de la cadena del sector metalúrgico, destacaremos las empresas de accesorios, componentes y herramientas de corte para máquina-

herramienta. Este área es de vital importancia dentro de la metalurgia porque supone el apoyo al sector de máquina-herramienta, que es uno de los más importantes a nivel industrial.

Las empresas fabricantes de accesorios, componentes y herramientas de corte para máquina-herramienta se caracterizan por conseguir soluciones tecnológicas a medida y por sus constantes innovaciones. Conceptos como modernidad y flexibilidad se convierten en primordiales en sus instalaciones y máquinas, así como la alta cualificación de su personal (M.U., Interempresas, 2008).

Este sector se basa en la flexibilidad, la innovación y la diversificación. Así, con la intención de lograr estos aspectos de forma satisfactoria en este sector se considera que la colaboración interempresarial es fundamental para afrontar los mercados y poder mantener el tamaño óptimo que tiene el lado positivo de la flexibilidad. Así, el sector pone especial interés en la búsqueda de sinergias y colaboraciones entre las empresas, tanto nacionales como internacionales (M.U., Interempresas, 2008).

3.4. Clientes

Los clientes los constituyen las empresas que van a comprar los productos metalúrgicos de forma que los incorporarán a sus productos, iniciando nuevas cadenas de suministro. Esto es, en este punto, los productos metalúrgicos son los inputs de muchos sectores. Como hemos podido observar en los apartados anteriores, los clientes más comunes del sector metalúrgico son el del automóvil, el eléctrico y el aeronáutico, (Comisión Europea. DG Empresa e Industria, 2010), siendo todas ellas industrias muy sólidas.

Estos clientes dotan al sector metalúrgico de una importancia extrema, pues trabajan en la consecución de los propios objetivos de industrias tan poderosas como la automoción o la aeronáutica. Por tanto, parece clara la dependencia de unos y otros sectores, y la importancia de una gestión coordinada de la cadena de suministro.

4. Conclusiones

El presente trabajo nace con el objetivo de definir la cadena de suministro del sector metalúrgico, como paso previo al desarrollo de posteriores investigaciones empíricas. Con este fin se ha analizado el sector, estableciendo los eslabones principales que muestra la Figura 1. En concreto, tras el análisis de las diferentes fuentes de información se han identificado cuatro eslabones básicos. El primero está constituido por las empresas proveedoras de materias primas. Éstas son, principalmente:

- Las empresas extractivas, que son las que suministran a la cadena de los materiales esenciales para el desarrollo de la actividad, es decir, los metales.
- Las empresas de productos químicos, que son aquellas empresas proveedoras de los productos necesarios para tratar los metales.
- Las empresas proveedoras de chatarra, que tienen una función muy importante, pues canalizan la logística inversa en el sector, recuperando chatarra que venden de nuevo como materia prima para el comienzo de la actividad de la cadena.

En el segundo eslabón se encuentran las empresas encargadas del tratamiento del metal. Dentro de este eslabón las empresas se subdividen en:

- Empresas productoras de ferroleaciones, que basarán su actividad, sobre todo, en producir aceros especiales.
- Empresas fundidoras, que tratarán los metales con el fin de moldearlos y darles las formas requeridas.
- Empresas de acabados de superficies, que se encargarán de un amplio abanico de procesos con el objetivo de modificar o mejorar las propiedades superficiales o estructurales de los materiales.

El tercero de los eslabones lo componen las empresas fabricantes de productos metálicos. Este conjunto de empresas es muy elevado, por lo que hemos destacado tres de los grupos más importantes en el peso específico del sector metalúrgico:

- Empresas fabricantes de máquina-herramienta que dota de medios productivos a los sectores más importantes de toda economía, ya que produce las máquinas madre con las que se pueden fabricar todas las demás máquinas.
- Empresas fabricantes de moldes y matrices, considerados estos como los utillajes únicos mediante los que se fabrican la mayoría de los productos plásticos y metálicos por aplicación de diferentes técnicas de transformación de materiales.
- Empresas fabricantes de accesorios, componentes y herramientas para máquina-herramienta para la industria del metal, que ofrece un amplio abanico de productos que, incorporados a una máquina-herramienta, se utilizan en los procesos de mecanizado de diferentes sectores industriales.

Por último, al final de la cadena se sitúan los clientes, que son muy variados debido a la gran diversidad de productos que este sector fabrica, destacando, entre otras, la industria del automóvil (Comisión Europea. DG Empresa e Industria, 2010).

Por otra parte, la logística inversa está muy presente en el sector, pues el reciclaje de la chatarra actúa claramente como entrada, como ya se ha explicado. Existe, por tanto, una retroalimentación en la cadena que es canalizada a través de la actividad de reciclaje en la que participan empresas de la mayoría de los eslabones.

La principal contribución de este trabajo es mostrar a las empresas que configuran el sector metalúrgico no como firmas individuales, sino como integrantes de la cadena de suministro del sector en su conjunto. De igual forma se analizan los flujos directos e inversos que se establecen en dicha cadena. Ello aporta a los profesionales del sector una mayor visibilidad de su cadena de suministro (no solo los eslabones directos), que es uno de los problemas clásicos y de mayor impacto atribuidos a la GCS (Aberdeen Group, 2006; Soto y Rovira, 2009). Por otra parte, a los investigadores interesados en el tema, les permite tener un punto de partida para estudios relativos a la gestión de la cadena de suministro en el sector metalúrgico.

En este sentido, es nuestro objetivo continuar con la investigación sobre la CS en el sector metalúrgico, realizando un estudio sobre el grado de integración entre los diferentes eslabones y las posibles prácticas a implementar para la mejora de dicha integración, así como del rendimiento de la cadena. La oportunidad de esta investigación viene avalada por la importancia del tema y por la escasez de trabajos previos sobre el mismo, pues suelen ser parciales y centrados en aspectos muy concretos (Adams (2007), Fröhling et al. (2010), Staniewska (2007), Waszkielewicz et al. (2005a) y Waszkielewicz et al. (2005b), McAdam y Brown (2001) y Uusipaavalniemi y Juga (2009)). Ello permitirá avanzar en la principal limitación de este trabajo, su carácter teórico, desarrollando investigación empírica que ayude a la mejora empresarial.

5. Bibliografía

- Aberdeen Group (2006). Global Supply Chain Benchmark Report, <http://www-935.ibm.com/services/us/igs/pdf/aberdeen-benchmark-report.pdf>. (Consultado: 16/06/2011).
- Adams, M. D. (2007). Towards a virtual metallurgical plant 2: Application of mineralogical data, *Minerals Engineering*, vol. 20, nº. 5, pp. 472-479.
- Alfalla-Luque, R. and Medina-López, C. (2009). Supply Chain Management: Unheard of in the 1970s, core to today's company. *Business History*, 51(2), 201–220.
- Asociación Española de Fabricantes de Accesorios, Componentes y Herramientas para Máquina-herramienta, <http://www.amt.es/>, (Consultado: 14/11/2010).
- Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones, <http://www.anfac.com/estad.htm>, (Consultado: 20/11/2010).
- Asociación Española de Fabricantes de Máquina-herramienta, http://www.afm.es/el_sector-es/bfque-es-una-maquina-herramienta, (Consultado: 25/11/2010).
- Asociación de Ingenieros Industriales de Madrid (1999). Las ferroaleaciones, *Boletín del 19/05/1999*, pp.18.
- Bagchi, P.K., Ha, B.C., Skjoett-Larsen, T. y Soerensen, L.B. (2005a). Supply chain integration: a European survey. *The International Journal of Logistic Management*, vol. 16, nº. 2, pp. 275-294.
- Boyer, K.K., Frohlich, M. y Hult, G.T.M. (2005). *Extending the Supply Chain*. Ed. AMACOM, New York, NY.
- Cagliano, R., Caniato, F. y Spina, G. (2004). Lean, agile and traditional supply: how do they impact manufacturing performance?. *Journal of Purchasing & Supply Management*, vol. 10, nº. 4/5, pp. 151-64.
- Cassady, M. E., y Ringenwald, R. D. Jr. (2001). Recuperación de metales, en el libro *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*, volumen III, capítulo 82, pp. 82.48-82.60. Ed. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
- Christopher, M. (2000). The agile supply chain. Competing in volatile markets, *Industrial Marketing Management*, vol. 29, nº. 1, pp. 37-44.
- Comisión Europea, D.G. Empresa e Industria. Unidad de Equipos Mecánicos, Eléctricos y de Telecomunicaciones (2010). Una mirada al sector “invisible” de Europa. La industria metalúrgica y de los productos metálicos,
- Confederación Española de Organizaciones Empresariales del Metal, <http://www.confemetal.es/principal.htm> (Consultado: 23/11/2010).
- Consejo Superior de Cámaras de Comercio, (2009). La subcontratación industrial en España. Interempresas.net, Industria metal mecánica, <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/33556-La-subcontratacion-industrial-en-Espana.html>. (Consultado: 21/11/2010).
- Federación de Empresarios del Metal de Burgos (2010). Formación para el aumento de la rentabilidad en el sector del metal de la provincia de Burgos, www.femebur.com/.../Propuesta%20definitiva%20de%20Lean%20Manufacturing1.doc (Consultado: 13/11/2010).
- Federación Española de Asociaciones de Fundidores, Datos sectoriales 2009, <http://www.feaf.es/Datos%20Sectoriales.pdf> (Consultado: 22/11/2010).
- Federación Española de Centros Tecnológicos FEDIT (2007). Análisis de la innovación tecnológica de los subsectores materiales férreos, materiales no férreos, tratamientos térmicos y mecanizado. Observatorio Industrial del Sector Metal.
- Frohlich M.T. y Westbrook R. (2001). Arcs of integration: an international study of supply chain strategies, *Journal of Operations Management*, nº. 19, pp. 185-200.

- Fröhling, M., Schwadere, F., Bartusch, H. and Rentz, O. (2010). Integrated planning of transportation and recycling for multiple plants based on process simulation, *European Journal of Operational Research*, vol. 207, nº. 2, pp. 958-970.
- Fundación Entorno, Ministerio de Industria y Energía: Epígrafe 2.4: Fundición de metales ferrosos. Guías tecnológicas, Directiva 96/61 relativa a la prevención y control integrados de la contaminación.
- Fundación Entorno, Ministerio de Industria y Energía: Epígrafe 2.5: Ferroaleaciones. Guías tecnológicas, Directiva 96/61 relativa a la prevención y control integrados de la contaminación.
- Instituto Español de Comercio Exterior, Departamento de Información de la División de Productos Industriales y Tecnología (2007). España: sector de moldes y matrices.
- Instituto Español de Comercio Exterior, Departamento de Información de la División de Productos Industriales y Tecnología (2009). España: sector de máquina-herramienta.
- Intituto Nacional de Estadística, www.ine.es (Consultado: 20/11/2010).
- Interempresas (2008). Radiografía del sector metalúrgico. Interempresas.net, Industria metal mecánica, <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/21481-Radiografia-del-sector-metalurgico.html>. (Consultado: 23/11/2010).
- Johnson, M.E. y Pyke, D.F (2000). Introduction to the special issue on teaching supply chain management, *Production and Operations Management*, vol. 9, nº 1, pp. 1-18.
- Ketchen, D.J. y Guinipero, L. (2004). The intersection of strategic management and supply chain management. *Industrial Marketing Management*, vol. 33, nº. 1, pp. 51–56.
- Ketchen, D.J. y Hult, G.T.M. (2007). Bridging organization theory and supply chain management: The case of best value supply chains. *Journal of Operations Management*, vol. 25, pp. 573-580.
- Kulp, S., Lee, H. y Ofek, E. (2004). Manufacturer benefits from information integration with retail customers. *Management Science*, vol. 50, nº 4, pp. 431-44.
- McAdam, R y Brown, L. (2001). Strategic alignment and the supply chain for the steel stockholder sector: an exploratory case study analysis. *Supply Chain Management: An International Journal*, vol. 6, nº. 2, pp. 83-94.
- Medina-López, C., Marín-García, J. y Alfalla-Luque, R. (2010). [Una propuesta metodológica para la realización de búsquedas sistemáticas de bibliografía](#), *Working Papers on Operations Management*, Vol. 1, N.2, pp. 13-30.
- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Secretaría General de Industria (2008), Observatorios Industriales, Sector Metal, Jornadas de Difusión, Nota de prensa, <http://www.mityc.es/industria/observatorios/SectorMetal/Jornadas/Paginas/2008.aspx>. (Consultado: 19/11/2010).
- Real Academia Española, www.rae.es/ (Consultado: 20/11/2010)
- Rosenzweig, E.D., Roth, A.V. y Dean, J.W. (2003). The influence of an integration strategy on competitive capabilities and business performance: an exploratory study of consumer products manufacturers. *Journal of Operations Management*, vol. 21, pp. 437-56.
- Soto, D. y Rovira, J.M. (2009). La Cadena de Suministro inteligente del futuro, *Report IBM Corporation*.
- Staniewska, E. (2007). The logistics of the strategic materials supply in the metallurgical enterprise. *Metalurgija*, vol. 46, nº. 2, pp. 141-144.
- Tan, K.C., Kannan, V.R. y Handfield, R.B. (1998). Supply chain management: Supplier performance and firm performance. *International Journal of Purchasing and Materials Management*, vol. 34, nº 3, pp. 2-9.

- Uusipaavalniemi, S. y Juga, J. (2009). Information integration in maintenance services. *International Journal of Productivity and Performance Management*, vol. 58, n°. 1, pp. 92-110.
- Waszkielewicz, W., Staniewska, E. and Kolmasiak, C. (2005a). The logistic aspects of supply management in a metallurgical enterprise. *Metalurgija*, vol. 44, n°. 4, pp. 315-320.
- Waszkielewicz, W., Malicka, A. and Skuza, Z. (2005b). Services, supplies and transport in the concept of outsourcing of a metallurgical enterprise. *Metalurgija*, vol. 44, n°. 2, pp. 129-131.
- Wood, A. (1997). Extending the supply chain: Strengthening links with IT. *Chemical Week*, vol. 159, n° 25, pp. 25-26.