

CARACTERÍSTICAS DE LAS EMPRESAS QUE UTILIZAN ARQUITECTURA ORIENTADA PARA SERVICIOS Y DE SU CONTEXTO DE OPERACIÓN

MAIN CHARACTERISTICS OF COMPANIES USING SERVICE ORIENTED ARCHITECTURE (SOA) AND OF THEIR OPERATION CONTEXT

Blanca Monteagudo Mezo

Universidad Carlos III de Madrid, Spain

Teresa Sánchez Chaparro

Agencia Nacional para la Evaluación de la Calidad y la Acreditación (ANECA), Spain

Alfonso Duran Heras

Universidad Carlos III de Madrid, Spain

ABSTRACT

The aim of this article is to establish the main characteristics of the organizations that have successfully implemented information systems based on Service Oriented Architecture (SOA). Their environmental circumstances have also been studied. To achieve this objective, a SOA bibliographic review has been carried out, encompassing an analysis of 25 real cases in which different SOA applications were successfully implemented. All these cases were published

Recebido em/*Manuscript first received*: 26/01/2008 Aprobado em/*Manuscript accepted*: 29/05/2008

Endereço para correspondência/ *Address for correspondence*

Blanca Monteagudo Mezo, es Ingeniero Industrial y ha trabajado en el departamento de Sistemas de una importante entidad financiera internacional. Actualmente está realizando una tesis doctoral sobre sistemas de información en el Área de Ingeniería de Organización de la Universidad Carlos III de Madrid. Avenida de la Universidad, 30, 28911, Leganés, Madrid (España), Telefone: 34 916249921 E-mail: blancamonteagudo@yahoo.com

Teresa Sánchez Chaparro es Doctora Ingeniera Industrial por la Universidad Carlos III de Madrid. Ha realizado distintos trabajos de investigación sobre gestión de la cadena de suministros y sistemas de información. Actualmente, trabaja en la Agencia Nacional para la Evaluación de la Calidad y la Acreditación (ANECA) del sistema universitario español. E-mail: teresa.tschapar@gmail.com

Alfonso Duran Heras es Doctor Ingeniero Industrial y MBA. Actualmente es Catedrático de Organización de Empresas en la Universidad Carlos III de Madrid. Sus líneas de investigación incluyen la gestión estratégica de Sistemas de Información, la gestión de la cadena de suministros y el rediseño e integración de procesos de negocio, ámbitos en los que ha realizado numerosas publicaciones y dirigido proyectos de investigación. E-mail: duan@ing.uc3m.es

between 2.001 and 2.007. The conclusions of this article can be briefly summarized as follows: SOA is well suited for organizations that rely on important legacy systems, whose performance is hindered by the lack of integration and flexibility of their computer architectures. These organizations therefore need to improve such architectures rather than replace them by new systems; SOA is being used by organizations that need to integrate their systems with those of their supply chain partners; SOA solutions provide support for the use of Web technologies.

Keywords: Service Oriented Architecture (SOA), Information Systems Integration, Enterprise Strategy, Real case study, Information Systems Infrastructure

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El entorno competitivo actual impone un conjunto de requerimientos especiales a las empresas que operan en él; entre ellos, la necesidad de operar con mayor flexibilidad y agilidad para adaptarse de manera eficiente a las demandas del cliente en un entorno global (Drucker, 1999). Entre las herramientas que se han desarrollado para hacer frente a estas exigencias, se han popularizado en los últimos años las Arquitecturas de Sistemas de Información Orientadas a Servicios (*Service Oriented Architecture-SOA*) (Bieberstein y otros, 2005; Hotle y otros, 2004). De hecho, a juicio de ciertos expertos, este paradigma está reemplazando gradualmente arquitecturas monolíticas, tales como las aplicaciones empresariales (*Enterprise Resource Planning-ERP*), como principio de diseño de nuevas aplicaciones de negocio (Natis, 2003).

El uso de Arquitecturas Orientadas a Servicios ha permitido alcanzar hasta el momento importantes beneficios a las organizaciones que las han implantado. Sin embargo, existen todavía ciertos aspectos que es necesario resolver para que se materialicen completamente todas las ventajas teóricas que promete este paradigma informático (Kooijmans y otros, 2006). En concreto, en diversos foros se señalan problemas técnicos tales como las dificultades para garantizar la seguridad en entornos altamente distribuidos, la necesidad de definir estándares específicos o problemas derivados de la reutilización de los servicios (Clarke, 2004; McAlearney, 2006; King, 2007).

Además de las anteriores dificultades para definir técnicamente esta arquitectura, la mayoría de las organizaciones actuales no comprenden, de un modo realista y desde una perspectiva de negocio, el impacto que la implantación de SOA tiene en su estructura y organización internas (Natis, 2003). Esta es la razón de que desde la comunidad empresarial y las asociaciones profesionales se demanden demostraciones sólidas de los beneficios empresariales de las Arquitecturas Orientadas a Servicios (McAlearney, 2006).

En este contexto, el objetivo del presente artículo es contribuir a la comprensión de las circunstancias en las que las empresas actuales pueden beneficiarse de soluciones basadas en Arquitecturas Orientadas a Servicios (SOA). En concreto, se ha realizado un análisis estructurado de casos de implantación de SOA que se han recogido en la literatura especializada para determinar las características de las empresas que implantan SOA y de su contexto de operación. Con ello, se pretende obtener una primera aproximación para la construcción de un marco teórico que sirva para la toma de decisiones referentes a la implantación de Arquitecturas Orientadas a Servicios.

El artículo se ha estructurado de la siguiente forma. En el apartado 2 se realiza una introducción teórica a los principios básicos de SOA. En el apartado 3, se describe

la metodología aplicada en este estudio y se presentan los casos analizados; en el punto 4 se recogen las circunstancias empresariales de aplicación de SOA, extraídas del análisis de dichos casos; por último, en el punto 5, se comentan las conclusiones generales, desde el punto de vista de negocio, que pueden extraerse de los puntos anteriores sobre la aplicación de SOA .

2. DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS RELACIONADOS CON SOA

2.1. Definición de SOA

Se denomina Arquitectura Orientada a Servicios (*Service Oriented Architecture-SOA*) a un marco conceptual de arquitecturas informáticas de negocios que se caracteriza por ofrecer las funcionalidades básicas de los Sistemas de Información de una empresa a través de servicios reutilizables (*Marks y otros, 2006*).

Desde el punto de vista de negocio, se define SOA como un conjunto de componentes informáticos que se integran de forma flexible para configurar distintos procesos de negocio (*Kooijmans y otros, 2006*); desde una perspectiva técnica, estas arquitecturas constan de servicios que se pueden invocar para realizar operaciones específicas (*OASIS, 2006*).

El principal objetivo de las Arquitecturas Orientadas a Servicios es construir los distintos sistemas de información de una empresa sobre un conjunto de estándares informáticos con el objetivo de que todos ellos, incluso los realizados con distintas tecnologías, puedan operar de forma integrada y sin que existan dependencias entre los mismos (*Papazoglou y otros, 2007*). Gracias a esta configuración, SOA se considera una tecnología especialmente adecuada para obtener la integración de las distintas actividades de negocio con un coste viable (*Kooijmans y otros, 2006*).

Dentro del marco conceptual de SOA, encajan distintas tecnologías y protocolos, como los Servicios Web (*Web Services-WS*) (*OASIS, 2006*). Estas tecnologías son las más empleadas en la actualidad (*Papazoglou y otros, 2007*) y son la puerta de entrada de SOA en empresas que no están preparadas para asumir el cambio global que supone la completa implantación de este paradigma informático (*Natis, 2003*).

Los *Servicios Web* pueden definirse como aplicaciones de software que se descubren, describen y resultan accesibles mediante mensajes escritos en XML (*eXtensible Markup Language*) o en otros protocolos propios de las tecnologías Web (*Daconta y otros, 2003*). Su función es habilitar el intercambio de datos entre aplicaciones que se han desarrollado en lenguajes de programación distintos y que se ejecutan en diversas plataformas informáticas; asimismo, favorecen la integración multicanal de las empresas (*Ganesh y otros, 2005*; *Jung y otros, 2005*).

Los estándares más importantes para constituir los WS son los siguientes (*Papazoglou y otros, 2007*):

- Se recurre a XML y XML Schema como lenguaje de comunicación entre las aplicaciones porque ambos permiten manejar distintos tipos de datos.

- Las comunicaciones se establecen mediante el uso de SOAP y de mensajería basada en XML.
- Las funciones de negocio se describen con WSDL (*Web Services Description Language*).
- Los servicios implementados se publican y descubren gracias a UDDI (*Universal Description, Discovery and Integration*).

2.2. Componentes

En la Figura 1 se presenta un sencillo esquema de los principales componentes de las arquitecturas SOA y de las relaciones que se establecen entre ellos. Puede decirse que, en esta arquitectura, los sistemas de información están formados por servicios, cuyas definiciones se mantienen en directorios y que intercambian información a través de interfaces estándares.

Mediante el uso de modelos de procesos, se caracterizan las relaciones entre distintos servicios y las acciones llevadas a cabo por cada uno de ellos (OASIS, 2006). Aunque existen varias técnicas para realizar esta orquestación de los servicios, una de las más comentadas actualmente es la implementación de gestores de procesos (*Business Process Management-BPM*). Es importante destacar que dicha orquestación no está incluida en el modelo de referencia de SOA; no obstante, se describirá en el presente artículo por su importancia en empresas con procesos de negocio complejos.

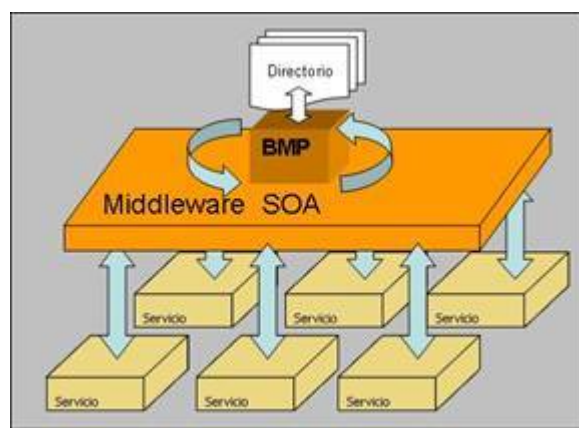


Figura 1: Esquema de componentes de SOA

Se denomina servicios a módulos informáticos bien definidos que ofrecen por sí mismos una funcionalidad de negocio y cuyo funcionamiento resulta independiente del estado y de las características del resto de servicios con los que se relaciona (Papazoglou y otros, 2007). Dentro del marco de SOA, estos servicios se utilizan para componer las aplicaciones de negocio (Kooijmans y otros, 2006; OASIS, 2006).

En organizaciones con sistemas informáticos legados, estos servicios pueden construirse mediante la reutilización de aplicaciones antiguas para realizar

funcionalidades ya existentes, mediante la realización de nuevos desarrollos para nuevas funciones o combinando ambas alternativas (Antonucci, 2004; Wimmer y otros, 2006).

Las funcionalidades individuales realizadas por cada servicio se deben orquestar para implementar los procesos de negocio específicos de cada organización; para ello, se recurre a los modelos de procesos (OASIS, 2006; Botella y otros, 2003). Con relación a esto, los gestores de procesos (*Business Process Management-BPM*) se definen como programas informáticos que se encargan de decidir en cada momento qué servicio debe invocarse para que realice su función; esto lo hace basándose en la descripción del proceso de negocio que le ha sido programado (Pfadenhauer y otros, 2006).

Estos elementos cobran mayor importancia cuanto más complejo es el proceso de negocio implementado, puesto que deben gestionar mayor número de intercambios de información entre distintos servicios (Krafzig y otros, 2005).

La orquestación de los servicios se realiza de varias formas (Kaye, 2003):

- Se pueden utilizar documentos XML que son intercambiados entre los servicios bajo la coordinación del BPM. Dichos documentos son *scripts* o ejecutables que especifican las tareas que debe realizar cada servicio (como invocación de servicios, recepción de respuestas, etc.).
- Como alternativa, se puede utilizar el lenguaje XML para definir el proceso de negocio global; de manera que cada participante tenga una visión general del mismo.

La existencia de estándares para cubrir estas funcionalidades relacionadas con la orquestación es una necesidad cada vez más apremiante. En este contexto, surge la norma Web Services Business Process Execution Language (BPEL), originalmente escrita por BEA Systems, IBM y Microsoft y ahora en revisión en el seno de OASIS (Organization for the Advancement of Structured Information Standards).

Hay que tener en cuenta que este intercambio de mensajes sólo es posible si el servicio que invoca una función determinada conoce la existencia de los servicios que son capaces de realizarla. La visibilidad de estos servicios proveedores de funcionalidades se logra mediante la implementación de repositorios de servicios, que permiten localizar los que están disponibles, evaluar su capacidad de respuesta y elegir el más adecuado (OASIS, 2006).

En estos repositorios se encuentran las descripciones funcionales de los servicios pertenecientes a una misma red y sus requisitos de conexión; además, se gestionan dinámicamente las cargas de trabajo asignadas a cada uno de ellos. De manera que, con su utilización, se favorece la independencia entre los servicios, puesto que se evita que cada uno de ellos tenga que conocer la existencia, el estado actual y la dirección informática del resto de servicios con los que se relaciona (Huidobro y otros, 2005). No obstante, se exige que los servicios sean capaces de recoger y comprender la información que hay en los repositorios (Papazoglou y otros, 2007).

Actualmente, la tecnología más utilizada para realizar estos repositorios es UDDI (Huidobro y otros, 2005).

Por último, para habilitar la interconexión de distintos servicios, de acuerdo con

las características del modelo implementado, es necesario que dichos servicios estén integrados informáticamente; en SOA, este problema se resuelve mediante el desarrollo de interfaces estándares de comunicación (OASIS, 2006). Este tipo de interfaz se constituye a partir de un software intermedio que permite la conectividad (*middleware*) que debe soportar la interoperabilidad de todas las aplicaciones gestionando varios formatos de datos. Un ejemplo de esta solución es la arquitectura *software Enterprise Service Bus* (ESB) (Chappell, 2004).

El ESB constituye el esqueleto de una solución SOA, ya que establece un control apropiado de mensajería y aplica las medidas de seguridad y fiabilidad que esta arquitectura requiere (Chappell, 2004).

Asimismo, el formato común de transmisión de mensajes es el XML. La naturaleza autodescriptiva del XML lo convierte en un formato de representación de información muy eficaz para cumplir los requisitos de las arquitecturas SOA (OASIS, 2006).

Gracias al lenguaje XML y a los interfaces estándares, se pueden comunicar programas de distintas tecnologías (Kooijmans y otros, 2006), lo que permite que las empresas dispongan de arquitecturas informáticas integradas y que establezcan flujos de información eficientes con socios de negocio externos (Jung y otros, 2005; Kooijmans y otros, 2006).

2.3. Principales características de las soluciones SOA

Las principales características funcionales de las soluciones SOA son las siguientes:

- *Infraestructura tecnológica formada por servicios independientes*: los distintos servicios se unen en forma de red para componer los procesos de negocio de la organización y pueden ser utilizados por el resto de aplicaciones. Como resultado de esta configuración, las empresas realizan sus funcionalidades (denominadas funciones de negocio) mediante múltiples servicios (Kooijmans y otros, 2006).
- *Posibilidad de reutilizar los servicios*: muchos de los servicios se pueden reutilizar en distintos procesos de negocio porque realizan funciones estándares; de manera que la implementación de nuevos procesos sólo requiere el desarrollo de las funcionalidades propias del mismo, lo que simplifica los desarrollos informáticos de una empresa (Emmerich y otros, 2001; Jung y otros, 2005; Kooijmans y otros, 2006).

Estas características funcionales son posibles gracias a un conjunto de características lógicas y técnicas propias de este tipo de soluciones:

- *Bajo nivel de acoplamiento de los servicios (Loose Coupling)*: cada servicio debe ser independiente del resto de servicios conectados a la misma red. De este modo, se facilitan las modificaciones tanto del código de un servicio como de la configuración de todos ellos para dar lugar a los procesos de negocio (Qureshi, 2005).

- *Independencia entre los servicios y las características técnicas de su implementación:* para favorecer la independencia entre los distintos servicios, las funciones que éstos realizan deben ser independientes de las características técnicas de su implementación (OASIS, 2006). Esto, junto al uso de protocolos estándares, permite que las soluciones SOA puedan operar con aplicaciones de cualquier tecnología (Natis, 2003).
- *Uso de interfaces estándares:* la utilización de interfaces estándares es necesaria para permitir que servicios de distintas tecnologías e, incluso, formatos de datos diferentes puedan intercambiar información sin tener que recurrir a interfaces *ad hoc* (OASIS, 2006).

3. CASOS ESTUDIADOS Y METODOLOGÍA

3.1. Casos estudiados

Como se ha explicado en el punto 1, el objetivo de este artículo es determinar las características de las empresas que emplean tecnologías SOA y de su contexto empresarial. Para ello, se ha realizado un análisis estructurado de casos reales de implantación exitosa recogidos en la literatura, procedentes de un conjunto de fuentes especializadas.

Las fuentes fundamentales que se han utilizado son:

- Libros publicados en los últimos dos años sobre Arquitectura Orientada a Servicios.
- Actas de los congresos de IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*, <http://www.ieee.org.ni/principal.html>). Ésta es la mayor asociación internacional sin ánimo de lucro formada por profesionales de las nuevas tecnologías; de hecho, se ha constituido en una autoridad líder y de máximo prestigio en diversas áreas técnicas como ingeniería eléctrica, computación, telecomunicaciones y tecnología de control (IEEE, 2007).
- Revistas académicas especializadas en sistemas de información.

Con la intención de evitar riesgos en la elección de los casos, la única condición aplicada para incluir un caso en el estudio ha sido la presencia en dichos casos de la información necesaria para el tipo de análisis que se pretendía realizar en este estudio; es decir, que se describiesen ampliamente las características y el contexto de la empresa correspondiente, indicando las razones para la implementación de su solución informática así como sus efectos. Además, debido a que SOA es un paradigma que se está desarrollando principalmente en los últimos años, se han tomado casos reales publicados entre 2.001 y 2.007.

En la tabla 1, mostrada a continuación, se presenta una lista de los casos analizados, indicando su referencia bibliográfica, si su empresa pertenece al sector de fabricación o al de servicios y una breve descripción de la solución SOA implementada. Se ha incluido un código de identificación que consiste en una palabra característica de cada caso, el nombre de la empresa cuando se conoce su actividad, o en caso contrario, el año de publicación del documento.

Nº	Código	Referencia	Sector	Descripción
1	Banco_2001	(Emmerich y otros, 2001) EMMERICH, Wolfgang; ELLMER, Ernst; FIEGLEIN, Henry. "TIGRA - An architectural style for EAI". En: <i>Proceedings of the 23rd International Conference on Software Engineering (ICSE 2001)</i> . IEEE Computer Society, 2001. Pp. 567-576	Servicios	Un gran banco alemán aplica SOA a su infraestructura informática con el objetivo de integrar los diferentes sistemas financieros.
2	calzado_2006	(Kim y otros, 2006) KIM, Stefan; SUGUMARAN, Vijayan. "A Service-Oriented Architecture for Mass Customization – A Shoe Industry Industry Case Study". <i>IEEE Transactions on Engineering Management</i> . 2006, vol 53, nº 2, pp. 326-327.	Fabricación	Una empresa de calzado desarrolla una plataforma de comunicaciones basada en SOA para facilitar la coordinación entre los distintos participantes de la cadena de suministro.
3	Salud_2006	(Omar y otros, 2006) OMAR, Wail M.; TALEB-BENDIAB, A. "E- Health Support Services Based on Service Service- Oriented Architecture" <i>IT Professional</i> . 2006, vol 8, nº 2, pp. 35-41.	Servicios	Se propone la aplicación de SOA a un sistema de monitorización de la salud a través de Internet que permite que los hospitales determinen a distancia las condiciones de sus pacientes.
4	post_2005	(Krafzig y otros, 2005) KRAFZIG, Dirk; BANKE, Karl; SLAMA, Dirk. <i>Enterprise SOA: Service- Oriented Architecture Best Practices</i> . [S. l.]: Prentice Hall, 2005. Capítulo 14.	Servicios	Ante dificultades en el funcionamiento del sistema existente por la falta de integración de sus aplicaciones internas, Deutsche Post decide introducir una solución basada en arquitectura orientada a servicios.
5	seguro_2005	(Krafzig y otros, 2005) KRAFZIG, Dirk; BANKE, Karl; SLAMA, Dirk. <i>Enterprise SOA: Service- Oriented Architecture Best Practices</i> . [S. l.]: Prentice Hall, 2005. Capítulo 15.	Servicios	La empresa multinacional de seguros Winterthur decide adoptar los principios básicos de arquitectura orientada a servicios para dotar su plataforma tecnológica de mayor flexibilidad y aumentar el número de canales de comunicación con sus clientes.
6	Suisse_2005	(Krafzig y otros, 2005) KRAFZIG, Dirk; BANKE, Karl; SLAMA, Dirk. <i>Enterprise SOA: Service- Oriented Architecture Best Practices</i> . [S. l.]: Prentice Hall, 2005. Capítulo 16.	Servicios	La compañía de servicios financieros globales Credit Suisse se plantea la implantación de una solución basada en la arquitectura orientada a servicios para realizar una integración B2B con otros miembros de su cadena de suministro.
7	halifax_2005	(Krafzig y otros, 2005) KRAFZIG, Dirk; BANKE, Karl; SLAMA, Dirk. <i>Enterprise SOA: Service- Oriented Architecture Best Practices</i> . [S. l.]: Prentice Hall, 2005. Capítulo 17.	Servicios	Una compañía proveedora de servicios financieros que opera a través de Internet, Halifax Bank of Scotland, decide desarrollar su infraestructura tecnológica de acuerdo con los principios de SOA.

8	electrón_2006	(Delamer y otros, 2006) DELAMER, Iván M.; MARTÍNEZ LASTRA, José Luis. "Service-Oriented for distributed publish/ subscribe middleware in electronics production". <i>IEEE Transaction on Industrial Informatics</i> . 2006, vol 2, nº 4, pp. 281-294.	Fabricación	Se presenta una solución basada en SOA para manejar altos volúmenes de mensajes de forma integrada dentro de una fábrica de productos electrónicos.
9	Financiera_2005	(Giganek, 2005) CIGANEK, Andrew P.; HAINES, Mark N.; HASEMAN, William Dave. "Challenges of Adopting Web Services: Experiences from the financial Industry". En: <i>Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on System Sciences</i> [en línea]. 2005 [ref. de 14 de abril de 2007]. Disponible en World Wide Web: < http://csdl2.computer.org/comp/proceedings/hicss/2005/2268/07/22680168b.pdf >	Servicios	Para hacer frente a los problemas que presenta su propia infraestructura informática y adaptarse a los cambios en la demanda, una empresa financiera recurre a la tecnología de Web services a gran escala.
10	produc_2006	(Pfadenhauer y otros, 2006) PFADENHAUER, Konrad; KITTL, Burkhard; DUSTDAR, Schahram; LEVY, David. "Shop Floor Information Management and SOA". En: EDER, J.; DUSTDAR, S. et al. <i>BPM 2006 Workshops</i> . Berlín: Springer, 2006. Colección Lecture Notes on Computer Sciences, vol 4103, pp. 237-248.	Fabricación	En este artículo se presenta una aplicación basada en SOA a la gestión de información y de procesos en el dominio de una planta de producción.
11	unitech_2003	(Kuo y otros, 2003) KUO, David C.L.; SMITS, Martin. "Performance of Integrated Supply Chains: an International Case Study in High Tech Manufacturing". En: <i>Proceedings of the 36th Hawaii International Conference on System Sciences</i> [en línea]. 2003 [ref. de 14 de abril de 2007]. Disponible en World Wide Web: < http://csdl2.computer.org/comp/proceedings/hicss/2003/1874/08/18740241.pdf >	Fabricación	Unitech Taiwan utilizó los principios de SOA para desarrollar una cadena de suministro fuertemente integrada con sus compañeros de negocio situados en distintas partes del mundo.
12	construc_2007	(Rezgui, 2007) REZGUI, Y. "Role-based service-oriented implementation of a virtual enterprise: A case study in the construction sector". <i>Computers in Industry</i> . 2007, vol 58, nº 1, pp. 74-86.	Servicios	Estudio de una aplicación SOA para implementar tiendas virtuales dentro del sector de la construcción.
13	capital_2004	(Rabhi y otros, 2004) RABHI, Fethi A.; DABOUS, Feras T.; YU, Hairong; BENATALLAH, Boualem; LEE, Yun Ki. "A Case Study in Developing Web Services for Capital Markets". En: <i>Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on e-Technology, e-Commerce and e-Service (EEE '04)</i> . [S. l.]: [s.n.], 2004. Pp. 38-41.	Servicios	Uso de SOA para la infraestructura tecnológica de una empresa dedicada al mercado de capitales con el objetivo de lograr eficiencia en el mercado y competitividad, aprovechando las posibilidades de negocio que ofrece Internet.

14	cade.sum_2007	(Kumar y otros, 2007) KUMAR, Sanjeev; DAKSHINAMOORTHY, Vijay; KRISHNAN, M. S. "Does SOA Improve the Supply Chain? An Empirical Analysis of the Impact of SOA Adoption on Electronic Supply Chain Performance" 2007 IEEE En: <i>Proceedings of the 40th Hawaii International Conference on System Sciences</i> [en línea]. 2007 [ref. de 07 de junio de 2007]. Disponible en World Wide Web: < http://csdl2.computer.org/comp/proceedings/hicss/2007/2755/00/27550171b.pdf >	Fabricación	Aplicación de SOA a una solución informática para mejorar la eficiencia de la cadena de suministro de diversas empresas estadounidenses de la industria electrónica.
15	viajes_2005	(Power, 2005) POWER, Ken. "The Application of Emerging Technologies in the Travel Industry: Perspectives on Web Services and Service Oriented Architecture" 2.005 Traventec, Ltd.	Servicios	Adopción de la tecnología de Web Services en la industria de viajes para lograr una correcta integración entre los distribuidores (como agencias de viajes) y los proveedores de estos servicios (por ejemplo, hoteles).
16	aeroesp_2005	(Jung y otros, 2005) KAZLAUSKAITE, Jurga; MINHAS, Arsalan; VOGT, F. H. "Applying Service Oriented Architecture in the Aerospace Industry". En: <i>Proceedings of the International Mass Customization Meeting (IMCM '05)</i> . Berlín: GITO-Verlag, 2005.	Fabricación	Se estudia la aplicación de soluciones basadas en SOA para implementar los procesos de negocio de distintas empresas colaboradoras dentro de la industria aeroespacial.
17	telecom_2004	(Duke y otros, 2004) DUKE, Alistair; DAVIES, John; RICHARDSON, Marc; KINGS, Nick. "A Semantic Service Orientated Architecture for the Telecommunications Industry". En: AAGESEN, Finn Arve; CHUTIPORN, Anutariya; WUWONGSE, Vilas (eds.): <i>Intelligence in Communications Systems</i> . Berlín: Springer, 2004. Colección "Lecture Notes in Computer Science", vol. 3283, pp. 236-245.	Servicios	Se presenta un caso de aplicación de Semantic Web Services a un sistema de la industria de telecomunicaciones para favorecer la interoperabilidad de distintos sistemas propios.
18	ferroca_2005	(Erl, 2005) ERL, Thomas. <i>Service-Oriented Architecture: Concepts, Technology and Design</i> . 1ª Ed. [S. l.]: Prentice Hall, 2005.	Servicios	Aplicación de SOA a una empresa centrada en la explotación de líneas de ferrocarriles privadas con el objetivo de integrar las aplicaciones legadas y favorecer el desarrollo de nuevos servicios.
19	contabi_2004	(Wu y otros, 2004) WU, C. Eric; HORN, William P. "An Advance Accounting Service for AIX Systems". En: <i>Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Services Computing (SCC '05)</i> . [S. l.]: [s.n.], 2004. Vol 2, pp. 159-167.	Servicios / Fabricación	Diseño e implementación de un sistema de contabilidad basado en los principios de SOA para permitir que éste sea capaz de recoger e interpretar la información procedente de todas las aplicaciones de la empresa.

20	colabora_2006	(Tang, 2006) TANG, Jing Fan “A flexible Service- oriented Architecture for cross-enterprise business integration and cooperation”. En: <i>Proceedings of the 12th International Conference on Multi Media Modelling</i> (MMM '06). [S. l.]: [s.n.], 2006.	Servicios / Fabricación	Desarrollo de una arquitectura basada en la composición dinámica de Web services para favorecer la integración de empresas colaboradoras.
21	precios_2005	(Bernhard y otros, 2005) BERNHARD, Martin; HINZ, Oliver. “Creating Value with Interactive Pricing Mechanism- a Web Service- Oriented Architecture”. En: <i>Proceedings of the 7th IEEE International Conference on E-commerce Technology</i> (CEC '05). [S. l.]: [s.n.], 2005.	Servicios / Fabricación	Se desarrolla una solución fundamentada en los principios de SOA que, a través de la Web, permite a los vendedores usar mecanismos interactivos de establecimiento de precios en función de las características del cliente y de las circunstancias de la venta.
22	micropago_2004	(Song y otros, 2004) SONG, William; CHEN, Deren; CHUNG, Jen Yao. “An Investigation on Using Web Services for Micro- Payment” En: <i>Proceedings of the European Conference on Web Services</i> . Springer, 2004.	Servicios	Se emplea la tecnología de Web Services en sistemas de micropagos a través de Internet con el objetivo de reducir el coste transaccional de esta operación manteniendo alto nivel de seguridad.
23	CRM_2003	(Selland, 2003) SELLAND, Chris. <i>Beyond the Hype, The Impact of Web Services on CRM</i> . Reservoir Partners, L.P.: Marzo 2003 [ref. de 03 de febrero de 2007]. Disponible en World Wide Web: < http://www.crm2day.com/library/EpZuEZVAlYzBGLkVRI.php > Pervasive Services (ICPS '05). [S. l.]: [s.n.], 2005. Pp.445-448.	Servicios / Fabricación	Aplicación de la tecnología de Web Services a la implementación de sistemas CRM.
24	fabrica_2005	(Colombo y otros, 2005) COLOMBO, A. W.; JAMMES, F.; SMIT, H.; HARRISON, R.; MARTÍNEZ LASTRA, J. L.; DELAMER, I.M. “Service - Oriented Architecture for Collaborative Automation”. En: <i>Proceedings of IEEE IECON 2005, Raleigh, North Carolina</i> . 2005.	Fabricación	Aplicación de SOA para permitir la comunicación entre distintos componentes (sensores, actuadores, máquinas, etc.) de los sistemas de automatización de una fábrica.
25	móviles_2005	(Thanh y otros, 2005) THANH, Do van; JØRSTAD, Ivar. “A Service-Oriented Architecture Framework for Mobile Services”. En: <i>Proceedings of the Advanced Industrial Conference on Telecommunications/Service Assurance with Partial and Intermittent Resources Conference/E-learning on Telecommunications Workshop</i> (AICT/SAPIR/ELETE 2005). [S. l.]: [s.n.], 2005. Pp.65-70.	Servicios	Estudio de la aplicación de SOA a la implementación de un marco capaz de soportar la gestión de servicios móviles.

Tabla 1: Lista de casos analizados

3.2. Metodología

Para determinar estas características, se planteó una metodología estructurada en dos fases, tal y como se representa en la Figura 2. Antes de la lectura de los casos, se realizó una fase de identificación de las circunstancias empresariales en las que la implantación de SOA podía resultar más eficiente; a continuación, estas características se confirmaron con la revisión del contenido de los casos reales de implementación enumerados en el apartado anterior. Ambas etapas se describen con más detalle a continuación.

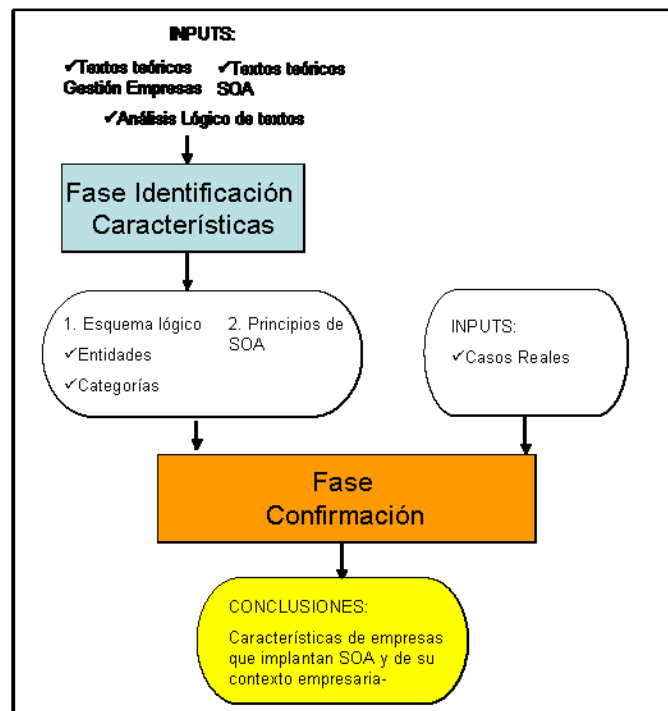


Figura 2: Fases de la metodología

▪ *Fase de identificación de características:*

Por un lado, en esta primera fase se revisaron y analizaron distintos textos teóricos dedicados al análisis de la organización de empresas para identificar el conjunto de entidades que se deben tener en cuenta en la toma de decisiones tecnológicas dentro del ámbito empresarial. Las entidades que se han identificado son la propia empresa y sus socios dentro de la cadena de suministros, en concreto:

- o La empresa
- o El cliente
- o El proveedor
- o Otros socios de negocio, como los subcontratistas

o El entorno

Dentro de la entidad Empresa, se distinguió entre las siguientes categorías para favorecer la estructuración de las características empresariales que se encontrarían posteriormente:

- o Estructura de la empresa y cultura organizativa
- o Productos y Servicios
- o Procesos de negocio
- o Canales de comercialización
- o Personas
- o Infraestructura de tecnologías de la información

A partir de las entidades anteriormente indicadas, quedó constituido el esqueleto lógico (véase Figura 3) que sirve para guiar la búsqueda y estructuración de las características de las empresas que implantan este tipo de soluciones.

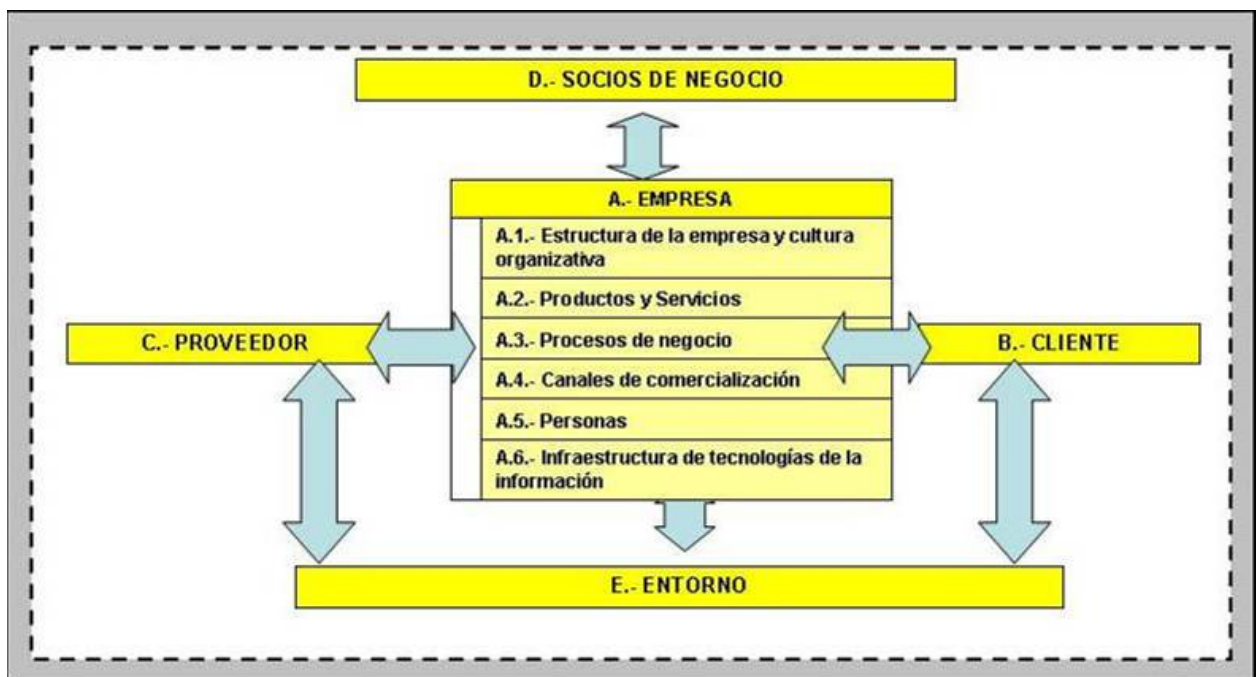


Figura 3: Esqueleto lógico para el análisis de estas características empresariales

Por otro lado, se revisó diversa bibliografía especializada en SOA para examinar los principios básicos de esta arquitectura. De este modo, la posterior revisión de casos reales se centra en las características que puedan estar relacionadas con ellos, eliminando aquellas propiedades indicadas en los casos, pero relacionadas con otros factores como el sector industrial correspondiente.

▪ *Fase de confirmación de las características:*

En esta fase se realizó la revisión del contenido de los casos enumerados en el apartado 3 con el objetivo de encontrar las características fundamentales de las empresas que utilizan SOA y de su contexto de aplicación. Además, se busca que dichas características estén relacionadas con las distintas entidades y categorías de estudio identificadas y con los principios fundamentales de SOA.

Se trata, por tanto, de una metodología de generalización a partir de estudios reales encontrados en la bibliografía referenciada. Según Yin (Yin, 2003), la metodología de estudio de casos reales es adecuada para estudiar tendencias o fenómenos que se están desarrollados y, por lo tanto, sus variables de estudio no han sido claramente identificadas. La validez de los resultados puede ser comprobada recurriendo a diversas fuentes o revisando los datos desde distintas perspectivas (Eisenhardt, 1989; Yin, 2003).

Para que las conclusiones reflejen el significado que se da a SOA en el mundo empresarial, se recogieron únicamente aquellas características cuya vinculación con la solución implementada se menciona explícitamente en el caso real correspondiente.

Se han recogido tres tipos fundamentales de características:

- Características generales de la empresa que justifican la implantación de soluciones SOA (por ejemplo, la existencia de un negocio distribuido).
- Dificultades tecnológicas a las que se enfrenta la empresa como consecuencia de la obsolescencia de sus sistemas legados y que le obligan a buscar infraestructuras informáticas alternativas (por ejemplo, la falta de integración de sus sistemas).
- Objetivos de negocio que se pretenden alcanzar con las soluciones SOA implementadas (por ejemplo, una comunicación eficiente con clientes y proveedores).

Como muchas de estas características aparecen en varios casos, se les ha dado una redacción uniforme que permita extraer conclusiones generales y aplicables a distintos contextos empresariales.

En el siguiente apartado se explican detalladamente las características identificadas y los casos en los que cada una se ha encontrado.

4. CARACTERÍSTICAS DE LAS CIRCUNSTANCIAS DE APLICACIÓN DE SOA

A continuación, se describen las características de las empresas que implementan soluciones SOA; todas ellas se han extraído de los casos reales referenciados en la Tabla 1.

En este apartado, se explica el significado de cada característica, sus particularidades en los distintos casos que la señalan y su relación con las propiedades de SOA que se analizan en el apartado 2.

4.1. Entidad A.- Empresa:

Dentro de la entidad “Empresa” se han incluido todas las características generales de la propia organización que influyen en las decisiones relacionadas con el desarrollo de nuevos sistemas de información. Para facilitar su lectura, todas ellas se han organizado según las categorías indicadas en el apartado 3.

4.1.1. Categoría A.1.- Estructura de la empresa y cultura organizativa:

La “Estructura de la empresa” se refiere al conjunto de reglas, normas y procedimientos para regular los flujos de autoridad, comunicación y trabajo que vinculan los subsistemas técnico y humano de una organización (*Cuervo y otros, 2004*); puede decirse que se trata del modo en que ésta organiza sus recursos con respecto a distintas dimensiones (espacial, jerárquica, funcional...).

Según Mintzberg (*Mintzberg, 1994*), la estructura actual y futura de una organización debe estar en consonancia con la estrategia empresarial que se pretenda seguir. Puede decirse que cuando se defina una estrategia de sistemas de información, también deberían considerarse las características de esta estructura.

Por otro lado, la “Cultura organizativa” se puede definir de forma sencilla como las asunciones que se realizan en la empresa de forma implícita y que tienen gran peso en cualquier proceso de toma de decisiones, entre ellos, los procesos de toma de decisión relacionados con los sistemas de información (*Hill y otros, 2001*).

Característica A.1.1.- Distribución geográfica del negocio:

Esta característica hace referencia al hecho de que la empresa esté extendida geográficamente, tanto nacional como internacionalmente, mediante subunidades de negocio, por ejemplo, sucursales. La distribución geográfica suele implicar la distribución de los procesos de negocio y de los sistemas de información, como puede comprobarse en la mayoría de los casos descritos en este subapartado.

Esta característica aparece en las empresas de servicios de los casos *post_2005*, *seguro_2005* y *suisse_2005*. Se trata de empresas que distribuyen internacionalmente sus servicios a través de delegaciones de empleados; como consecuencia, los sistemas de información también están distribuidos.

Asimismo, se han encontrado empresas de fabricación que compiten en un mercado global, aunque sus fábricas están centralizadas. La empresa estudiada en *unitech_2003* vende sus productos en distintos países a través de oficinas de venta distribuidas; las correspondientes a los casos *aeroesp_2005* y *ferroca_2005* se relacionan con clientes y proveedores de materias primas de cualquier parte del mundo mediante potentes sistemas logísticos.

Finalmente, destacan empresas (casos *contabi_2004* y *fabrica_2005*) con negocios centralizados y sistemas de información distribuidos para gestionar distintas unidades de producción.

Esta característica es relevante para el tema que nos ocupa, ya que uno de los principios básicos de las soluciones *Enterprise Application Integration* (EAI), entre las

que se incluye SOA, es que permiten obtener una infraestructura informática distribuida, para soportar la distribución del negocio (Qureshi, 2005).

Debido al bajo nivel de acoplamiento de los servicios que constituyen las soluciones basadas en SOA, se facilita la integración entre aplicaciones informáticas desarrolladas con distintas tecnologías. Esto favorece la organización y coordinación de sistemas informáticos con funcionalidades distribuidas (OASIS, 2006).

Característica A.1.2.- Cultura de desarrollos propios en vez de soluciones estándares:

En este caso, se hace referencia a empresas que tradicionalmente han recurrido a desarrollos propios, ya sea mediante personal interno o subcontratado, para implementar aplicaciones totalmente adaptadas a sus propias necesidades.

La industria bancaria, representada por *banco_2001*, y otras empresas de servicios, como la del caso *suisse_2005*, han desarrollado su infraestructura informática con aplicaciones propias en vez de estándares debido a que realizan procesos de negocio específicos y complejos, difíciles de adaptar a los paquetes existentes.

Esta misma circunstancia se da en las fábricas de los casos *cade.sum_2007*, *ferroca_2005* y *fabrica_2005*. Éstas diseñan *ad hoc* soluciones tecnológicas capaces de soportar sus procesos de producción. Ello les permite implementar exactamente las actividades que necesitan, pero genera dificultades en las actualizaciones tecnológicas; por ejemplo, en *fabrica_2005*, se señala que cada vez que se incluye un nuevo dispositivo electrónico, se tiene que reajustar el sistema eléctrico general.

SOA es una solución adecuada para empresas con cultura de desarrollos propios, ya que permite la implementación de soluciones totalmente adaptadas a las características del negocio; para ello sólo hay que configurar correctamente las conexiones de los servicios genéricos o especializados de la red (Natis, 2003).

Esta gran capacidad de adaptación de las soluciones SOA a distintos procesos de negocio, sin que ello suponga un importante incremento de coste, se reconoce como una de sus principales ventajas frente a otras soluciones estándares (Scott y otros, 2000).

4.1.2. Categoría A.2.- Productos y servicios:

Se entiende por producto cualquier bien, servicio o idea que una empresa ofrece al mercado. De manera que éste constituye el instrumento clave que condiciona la actuación de una organización en relación con distintas variables (Cuervo y otros, 2004).

En la actualidad, los conceptos de producto y proceso productivo están muy ligados a los sistemas de información y automatización, ya que estas herramientas permiten lograr la flexibilidad necesaria para adaptarse a los cambios en un entorno dinámico con el coste más bajo posible (Cuervo y otros, 2004).

Característica A.2.1.- Gran variedad de productos y servicios:

En este caso, se trata de empresas que ofrecen a sus clientes un amplio abanico de productos, por lo que cuentan con un elevado número de procesos de fabricación distintos que se deben coordinar para obtener mayor eficiencia global (Olson, 2004).

Por ejemplo, en el caso *ferroca_2005* se fabrican diversos productos para varias industrias aprovechando las sinergias que existen entre ellos.

El caso más representativo es el de aquellas empresas que ofrecen productos personalizados con el objetivo de ajustarse exactamente a las necesidades de cada cliente. En ellas, el proceso de producción se complica aún más.

Fábricas como *calzado_2006*, *unitech_2003*, *construc_2007* y *aeroesp_2005* han adoptado una estrategia de personalización de la producción en masa (*mass customization*) para atender a un público cada vez más exigente y que demanda productos de alta calidad, manteniendo a la vez la eficiencia característica de la producción “en masa”.

Del mismo modo, la industria bancaria y de seguros (*banco_2001*, *seguro_2005*, *suisse_2005*, *halifax_2005* y *financiera_2005*) está sometida a un proceso de cambio en sus productos debido a que sus clientes demandan un mayor número de productos distintos y personalizados. Se indica que este cambio en la estrategia productiva requiere la revisión de los sistemas informáticos.

En los casos *salud_2006* (que realiza un diagnóstico a distancia de pacientes) y *móviles_2005* (que ofrece servicios móviles a sus usuarios), los autores comentan que, desde el punto de vista de los sistemas de información, la adaptación a cada cliente y a distintas situaciones obliga a gestionar un elevado número de servicios.

Finalmente, hay que señalar que se han desarrollado aplicaciones como *precios_2005* y *micropago_2004* para soportar la tendencia general a la personalización de productos. Estas herramientas permiten adaptar el sistema de cobro a las características de los clientes y al tipo de producto que se comercializa, por lo que deben ser flexibles y capaces de integrarse con cualquier proceso de negocio.

A juicio de algunos autores, el uso de tecnologías SOA, como Servicios Web, permite la personalización de la oferta (*Papazoglou y otros, 2007*). La razón es que el uso de interfaces de comunicación estándares favorece la integración de distintos sistemas informáticos independientemente de la tecnología empleada en los mismos (*Kooijmans y otros, 2006*), por lo que se facilita la gestión de múltiples procesos de negocio de forma coordinada.

Característica A.2.2.- Desarrollo frecuente de nuevos productos y servicios / Cambio en los existentes:

La producción flexible favorece la innovación en productos para permitir la adaptación de la empresa a constantes cambios en la demanda. Esto lo consigue apoyándose en la existencia de procesos de negocio flexibles (*Cuervo y otros, 2004*), lo que, a su vez, requiere que los sistemas de información tengan esa misma flexibilidad (*Kooijmans y otros, 2006*).

En el caso *banco_2001* se necesita generar frecuentemente nuevos productos bancarios derivados de los ya existentes, lo que suele implicar la adaptación de las aplicaciones de procesamiento de información.

Esto también ocurre en los mercados de electrónica e informática (*electrón_2006* y *unitech_2003*), cuyos productos tienen ciclos de vida muy cortos

como consecuencia de frecuentes avances tecnológicos y modificaciones en la demanda. En los casos *calzado_2006*, *construc_2007* y *fabrica_2005* la razón de las frecuentes variaciones en los productos es que éstos están sujetos a modas.

Las soluciones SOA están constituidas por servicios poco acoplados entre sí, lo que las dota gran flexibilidad (OASIS, 2006) y facilita la implementación de cambios en los sistemas de información existentes (Delamer y otros, 2006) para adaptarlos a las características de nuevos productos y servicios.

Esta flexibilidad se debe a que se simplifica el desarrollo de nuevos procesos de negocio gracias a la reutilización de servicios y al empleo de interfaces estándares (OASIS, 2006). En el caso de que no se necesiten nuevas funcionalidades, para crear nuevos procesos tan sólo habrá que reprogramar el gestor *Business Process Manager* (Antonucci, 2004).

4.1.3. **Categoría A.3.- Procesos de negocio:**

Se define el proceso de negocio como el orden específico, con un principio y un final determinados, que adquieren las actividades productivas de una empresa a lo largo del tiempo y del espacio y con unas entradas y salidas claramente identificadas (Davenport, 2000).

En la actualidad, la gran importancia que se concede a los procesos de negocio ha transformado las empresas desde su tradicional división por áreas funcionales a una organización por procesos (Ross y otros, 2000). Como consecuencia, los sistemas de información están muy vinculados a sus procesos de negocio correspondientes y cualquier modificación de estos últimos suele requerir que los primeros se actualicen con la rapidez suficiente para no retardar el negocio (Davenport, 1993).

Característica A.3.1.- Necesidad de escalabilidad (de procesos de negocio y de sistemas):

Se considera que los procesos de negocio son escalables cuando pueden ajustarse a volúmenes de demanda variables sin recurrir a costosas modificaciones de los mismos, puesto que éstas incrementarían el coste de producción.

En los casos *banco_2001*, *produc_2006*, *capital_2004* y *precios_2005*, se describen empresas que tienen que tratar volúmenes variables de información, por lo que es complejo dimensionar sus sistemas. En la industria bancaria, por ejemplo, esta situación es crítica puesto que existe un tiempo máximo para procesar un número variable de transacciones; tradicionalmente, se ha intentado resolver esta situación sobre-dimensionando los sistemas, pero esta alternativa no resulta eficiente.

Otras empresas como *construc_2007* y *telecom_2004* también necesitan implementar módulos específicos, como servicios redundantes, para poder hacer frente a picos en la demanda.

SOA facilita la escalabilidad de los sistemas, pues se puede aumentar la capacidad de procesamiento de las soluciones mediante la adición de más proveedores de servicios (Antonucci, 2004; Kooijmans y otros, 2006). Al tener desarrollado un determinado servicio, su duplicación para satisfacer altas cargas de trabajo supone un coste de desarrollo relativamente bajo (Kooijmans y otros, 2006).

Desde el punto de vista del hardware, esta redundancia de servicios no suele impactar en el coste debido a que múltiples servicios pueden cargarse y ejecutarse en un mismo servidor (*Papazoglou y otros, 2007*).

Característica A.3.2.- Necesidad de flexibilidad (de procesos de negocio y de sistemas):

Ante el dinamismo del mercado actual, las empresas tienen que disponer de unos procesos de negocio y unos sistemas de información lo suficientemente flexibles para adaptarse rápidamente a los cambios en la demanda (*Kooijmans y otros, 2006; Davenport, 2000*).

Las empresas referenciadas en los casos *calzado_2006*, *electrón_2006*, *financiera_2005*, *cade.sum_2007*, *ferroca_2005*, *precios_2005*, *CRM_2003*, *fabrica_2005* y *móviles_2005* necesitan adaptar constantemente sus productos a los cambios en las necesidades de sus clientes y a las actualizaciones de la normativa asociada, por lo que tratan de implementar sistemas de información flexibles que no retarden estos cambios.

Asimismo, las empresas de los casos *produc_2006*, *telecom_2004* y *micropago_2004* señalan que una de sus razones para implantar SOA fue el hecho de que la gran rigidez de sus sistemas previos hubiese convertido cualquier modificación de los mismos en proyectos tecnológicos de alto coste, largo plazo y amplio alcance, con riesgo de perder la ventaja competitiva de la empresa por baja capacidad de adaptación.

En el caso de empresas que requieren una estrecha colaboración con otros miembros de la cadena de suministro, como *aeroesp_2005* y *colabora_2006*, la flexibilidad de los sistemas debe traducirse, también, en una simplificación de los proyectos de integración con terceros, de forma que el cambio de participantes no suponga una barrera.

Como se ha indicado en apartados anteriores, SOA dota a los sistemas de información de gran flexibilidad, por lo que se pueden realizar modificaciones en los procesos de negocio con menor impacto en costes (*Antonucci, 2004; Kooijmans y otros, 2006*).

Muchos de los nuevos procesos implementados no suponen el desarrollo de nuevas funcionalidades, por lo que basta con modificar la programación del modelo de proceso (*Emmerich y otros, 2001*). En los más innovadores, se requerirá también la programación de algunas funcionalidades, pero estos proyectos se simplifican gracias a la reutilización de servicios ya existentes y a la sencilla programación de los nuevos (*Emmerich y otros, 2001; Omar y otros, 2006*).

Característica A.3.3.- Procesos de negocio fragmentados en distintos sistemas de información:

En las empresas de los casos *micropago_2004* y *móviles_2005*, la información y los procesos de negocio se encuentran distribuidos en distintos sistemas de información o dispositivos electrónicos, tanto de una misma entidad como de empresas diferentes.

En general, esta configuración se da en empresas cuyos negocios también se

distribuyen geográficamente, como en *construc_2007* y *ferroca_2005*. Sin embargo, en los casos *salud_2006*, *produc_2006*, *capital_2004*, *viajes_2005*, *contabi_2004* y *colabora_2006* la distribución de los sistemas de información se debe, principalmente, a la multiplicidad de servicios asociados y a la complejidad del conjunto.

La empresa del caso *post_2005* señala que la razón de que sus sistemas de información estén distribuidos es que su infraestructura informática se creó desordenadamente en un corto espacio de tiempo.

Como se ha indicado en la introducción de este artículo, SOA es un paradigma informático utilizado para organizar y coordinar sistemas distribuidos que pueden pertenecer a distintas tecnologías (OASIS, 2006; Qureshi, 2005). De hecho, las soluciones SOA deben contar con un sistema de comunicaciones altamente distribuido, que facilita la comunicación entre los diversos servicios (Papazoglou y otros, 2007).

4.1.4. Categoría A.4.- Canales de comercialización:

Se denomina canal de comercialización (en inglés, *marketing channel*) al medio u organización a través del cual el producto o servicio de una empresa llega a manos del usuario final o consumidor (Coughlan, 2007)).

Característica A.4.1.- Multicanalidad: Coordinación de distintos canales de comercialización de productos:

En la actualidad, las empresas recurren a múltiples canales de comercialización para llegar a un público lo más amplio posible. Sin embargo, ello supone un nuevo reto de gestión porque se complica el tratamiento dinámico de la información, que entra por vías totalmente distintas (Ganesh y otros, 2005).

Como consecuencia de esta dificultad, la organización necesita disponer de una infraestructura informática que sea capaz de integrar sus distintos canales entre sí y con el resto de sus sistemas de información para que éstos actúen de forma coordinada y coherente (Ganesh y otros, 2005).

La necesidad de aumentar el número de canales de comercialización para facilitar la comunicación con sus clientes se indica en los casos *seguro_2005*, *suisse_2005*, *halifax_2005* y *viajes_2005*. En Halifax Bank of Scotland, el objetivo final es reducir el coste de los productos combinando los canales de teléfono e Internet.

Un importante beneficio que ofrecen las tecnologías basadas en *Web Services* es que permiten el tratamiento multicanal de los clientes debido a que utilizan protocolos estándares que se pueden aplicar a distintos canales de comercialización (Ganesh y otros, 2005; Papazoglou y otros, 2007) y que permiten que todos ellos puedan compartir datos, independientemente del formato que manejen (Kooijmans y otros, 2006; OASIS, 2006).

Característica A.4.2.- Utilización de Internet:

La mayoría de las empresas actuales recurren a la tecnología de Internet para realizar sus comunicaciones internas (*intranets*), relacionarse con sus clientes (*extranets*), darse a conocer al público (portales Web) y como canal de comercialización (comercio electrónico).

Los clientes de las empresas de los casos *seguro_2005*, *suisse_2005*, *financiera_2005*, *precios_2005* y *micropago_2004* exigen el uso de Internet como canal de comercialización ya que ello les ofrece, por ejemplo, disponibilidad 24/7.

En otros casos, como en *construc_2007*, *unitech_2003*, *cade.sum_2007* y *colabora_2006*, son las propias empresas las que deciden recurrir al comercio electrónico para llegar a mayor público. Además, el uso de Internet permite desarrollar nuevos modelos de negocio, como el telediagnóstico de *salud_2006* o la banca por Internet de *halifax_2005*.

Finalmente, hay empresas que implementan tecnologías basadas en Internet para actualizar sus infraestructuras informáticas. Por ejemplo, en *produc_2006* y *capital_2004*, se aplica al desarrollo de una infraestructura distribuida; *viajes_2005* usa Internet para comunicar máquinas y aplicaciones diferentes, tanto internas como de distintas empresas, y *contabi_2004*, para generar informes y gestionar operaciones.

SOA se apoya en algunos estándares de las tecnologías Web, como XML, WSDL y SOAP, por lo que se facilita la aplicación de las mismas (*Kooijmans y otros, 2006*). En concreto, los *Web Services* están específicamente diseñados para establecer una comunicación Web con otros sistemas (*Papazoglou y otros, 2007*).

4.2.1 Categoría A.5.- Personas:

El individuo es el elemento clave en la formación, diseño y funcionamiento de la empresa (*Cuervo y otros, 2004*), por lo que sus características influyen en la toma de decisiones de una organización.

Para el tema que nos ocupa, es importante destacar que los cambios en los sistemas de información de las organizaciones se basan tanto en modificaciones tecnológicas como en adaptaciones de los recursos humanos correspondientes (*Davenport, 1993*).

Característica A.5.1.- Baja capacidad de adaptación a nuevas tecnologías- minimiza la reacción adversa:

Cuando una nueva solución informática supone grandes cambios en varias dimensiones de la organización, puede despertar una reacción adversa de los trabajadores, lo que supone un detrimento de los beneficios esperados. Este efecto es mayor si los usuarios de los sistemas de información no tienen alta cualificación en su manejo y les resulta difícil adaptarse a las nuevas tecnologías (*Olson, 2004*). Por ejemplo, en el caso *financiera_2005* se indica que los usuarios no rechazaron el nuevo sistema porque no producía grandes cambios en los procesos de negocio existentes.

Para evitar estas dificultades, las organizaciones suelen buscar soluciones fáciles de comprender y de aceptar por sus usuarios, para lo que, normalmente, añaden elementos que simplifican su manejo. En el caso *produc_2006* se desarrolló un interfaz de usuario que facilitaba el manejo de los programas.

No obstante, el rechazo también puede deberse a que las nuevas herramientas no cumplen los verdaderos requisitos de los usuarios. Para evitar esto, en el caso *construc_2007*, se destaca la importancia de implicar a todos los empleados en el

proceso de desarrollo del nuevo sistema y ajustar éste a sus expectativas (Rezgui, 2007).

Como SOA separa la funcionalidad de los servicios de su implementación y permite la reutilización de las aplicaciones existentes, ofrece soluciones tecnológicas que no alteran necesariamente las actividades realizadas por los usuarios, por lo que las modificaciones pueden resultar transparentes para los mismos (Kooijmans y otros, 2006; OASIS, 2006).

Además, las soluciones SOA no provocan por sí mismas cambios en otras dimensiones de la organización porque no llevan implícitas asunciones de negocio y se pueden ajustar exactamente a los procesos de negocio propios de una empresa (Kooijmans y otros, 2006; Natis, 2003).

Característica A.5.2.- Personal de IT no experto- se buscan desarrollos fáciles de aprender:

En el caso *financiera_2005* se valoró positivamente el hecho de que sus encargados de IT pudieran manejar más fácilmente las soluciones SOA debido a que los conocimientos y las habilidades que necesitaban para ello eran similares a los conocimientos ya adquiridos de las tecnologías previas.

Como SOA recurre a protocolos estándares (Kooijmans y otros, 2006) y se apoya en prácticas comunes a otras tecnologías (Ciganek y otros, 2005), a los trabajadores les resulta más fácil aprender sus principios y manejar las nuevas soluciones (Ciganek y otros, 2005).

4.1.6. Categoría A.6.- Infraestructura de tecnologías de la información:

Según Laudon (Laudon y otros, 2004), las empresas actuales usan las distintas tecnologías de información existentes para crear una infraestructura de tecnologías de la información que sea capaz de coordinar las actividades de empresas completamente distintas e incluso industrias.

En la actualidad, hay una creciente interdependencia entre la estrategia de negocio y los sistemas de información de una empresa. De hecho, la habilidad de una organización para cumplir sus planes de futuro, por lo general, depende de la capacidad de sus sistemas de información (Laudon y otros, 2004).

En este sentido, hay que tener en cuenta que la arquitectura tecnológica de una empresa está constantemente sometida a cambios y es responsabilidad de la organización asegurarse de que éstos no disminuyen la eficiencia ni el orden del sistema conjunto (Krafzig y otros, 2005).

Característica A.6.1.- Gran impacto de la infraestructura tecnológica en el negocio:

Actualmente, la implementación y administración de los sistemas de información involucra a una gran parte de la organización. A medida que las empresas se transforman en “empresas digitales”, el sistema se extiende a clientes, proveedores e incluso competidores. De manera que los sistemas contemporáneos ocasionan cambios administrativos e institucionales en sus empresas (Laudon y otros, 2004).

En opinión de algunos autores (Hernández y otros, 2007), aquellos sectores más

desarrollados informáticamente hablando tienden a hacer un mayor y mejor uso de sus aplicaciones.

Estas tecnologías tienen gran importancia en empresas dedicadas al tratamiento de información, de hecho en el caso *capital_2004* se comenta que el sector financiero ha evolucionado de la mano de la tecnología. También, adquieren especial relevancia en empresas de telecomunicaciones, como *telecom_2004*, y en fábricas automatizadas, representadas en este estudio por *fabrica_2005*.

SOA resulta una solución útil de menor coste para este tipo de empresas porque reutiliza las aplicaciones ya desarrolladas y que continúan siendo eficientes para constituir los nuevos servicios (*Kooijmans y otros, 2006; Papazoglou y otros, 2007*). Además, dota a sus sistemas de la flexibilidad necesaria para acompañar los cambios en el negocio y, por lo tanto, favorece la supervivencia de la empresa en mercados dinámicos (*Kooijmans y otros, 2006*).

Se debe implementar SOA en los procesos de negocio más críticos y cambiantes.

Característica A.6.2.- Existencia de sistemas legados:

A lo largo de los años, los sistemas de información de las empresas se ven sometidos a constantes modificaciones y ampliaciones (*Krafzig y otros, 2005*). En todos los casos reales estudiados, a excepción de *halifax_2005*, las empresas correspondientes tienen infraestructuras tecnológicas complejas ya desarrolladas y buscan modificarlas para poder adaptarse a cambios en el entorno. Dado el gran desarrollo de las mismas, suele considerarse más eficiente reutilizarlas que sustituirlas por completo.

Muchas empresas deben desarrollar nuevos sistemas de información de manera frecuente y, si no se realiza una planificación adecuada de estos proyectos, el resultado puede ser una infraestructura de tecnologías de la información formada por multitud de aplicaciones legadas pertenecientes a distintas tecnologías. Esta circunstancia se señala en los casos *suisse_2005*, *financiera_2005*, *construc_2007*, *capital_2004*, *cade.sum_2007*, *ferroca_2005*, *post_2005*, *produc_2006* y *contabi_2004*.

La disparidad de aplicaciones suele dar lugar a sistemas independientes, con funcionalidades poco definidas y difíciles de modificar. En los casos *unitech_2003*, *viajes_2005*, *aeroesp_2005* y *fabrica_2005* se indica que sus empresas sufren dificultades en el intercambio de información como consecuencia de tener este tipo de infraestructura poco integrada.

Ello también hace que las empresas de los casos *produc_2006* y *post_2005* encuentren problemas a la hora de desarrollar eficientemente sus procesos de negocio y, fundamentalmente, al implementar otros nuevos.

SOA da lugar a infraestructuras informáticas integradas aunque sus aplicaciones básicas pertenezcan a diversas tecnologías (*Natis, 2003; OASIS, 2006*) gracias al uso de protocolos estándares (*Kooijmans y otros, 2006; Papazoglou y otros, 2007; Wimmer y otros, 2006*).

Característica A.6.3.- Necesidad de que las aplicaciones intercambien información de

modo eficiente

Las empresas necesitan que sus aplicaciones y otros dispositivos electrónicos puedan realizar un intercambio de información eficiente para que su funcionamiento conjunto sea adecuado. Esta necesidad se señala en los casos *salud_2006*, *suisse_2005*, *electrón_2006*, *construc_2007*, *cade.sum_2007*, *aeroesp_2005*, *contabi_2004*, *precios_2005*, *micropago_2004*, *CRM_2003* y *móviles_2005*.

Sin embargo, antes de la implantación de SOA las empresas de los casos *capital_2004* y *fabrica_2005* se encontraban con dificultades en este sentido porque su tecnología era tan heterogénea que la integración de aplicaciones resultaba compleja y daba lugar a proyectos de alto coste.

Tradicionalmente, empresas como *post_2005* recurrían a interfaces *ad hoc* para resolver la comunicación entre cada par de aplicaciones; pero en los casos *viajes_2005* y *ferroca_2005* se demuestra que, como señalan algunos expertos (*Gudivada y otros, 2005*), esta solución resultaba tan ineficiente que había que buscar alternativas.

De hecho, en los casos *banco_2001*, *financiera_2005*, *produc_2006*, *unitech_2003* y *telecom_2004* se identificó la necesidad de sustituir los interfaces específicos por los interfaces estándares válidos para distintas tecnologías (característica propia de SOA).

La reacción más destacada es la del caso *halifax_2005*, que creyó más eficiente crear un nuevo banco basado en SOA que enfrentarse a la integración entre sus aplicaciones heterogéneas.

Para conseguir la integración de distintos sistemas informáticos, tanto dentro de la propia empresa como entre distintas organizaciones, SOA recurre a interfaces de comunicación estándares (*Kooijmans y otros, 2006; Tang, 2006*). De hecho, las tecnologías SOA se ven como unas de las mejores soluciones para obtener la integración del negocio con un coste relativamente bajo (*Kooijmans y otros, 2006*).

Característica A.6.4.- Alto coste y duración de nuevos proyectos tecnológicos:

Actualmente, se está produciendo un crecimiento en el alcance, el ámbito y la aplicación de los proyectos de sistemas de información (*Laudon y otros, 2004*). En los casos *suisse_2005*, *viajes_2005* y *ferroca_2005* se indica que la complejidad de estos proyectos es aún mayor debido a la falta de flexibilidad de los sistemas legados, las dificultades para integrarlos y el amplio alcance de las aplicaciones existentes.

Las empresas de los casos *capital_2004* y *financiera_2005* se fijaron como objetivo agilizar el negocio para adaptarlo rápidamente a los cambios en la demanda, lo que exigía simplificar las modificaciones de sus sistemas de información. Decidieron que la tecnología más eficiente en este sentido era SOA porque sus principios eliminan la necesidad de compatibilizar los nuevos programas con los legados y, de este modo, permite que los desarrolladores se centren en dar una solución al negocio.

Además, a juicio de los autores de los casos *electrón_2006*, *aeroesp_2005*, *telecom_2004* y *CRM_2003*, SOA favorece la simplificación de los nuevos desarrollos mediante la combinación de servicios existentes para implementar las nuevas funcionalidades y debido a que la mejora de la interoperabilidad entre los sistemas dota las infraestructuras de gran flexibilidad.

De hecho, tras la implantación de sus nuevas soluciones SOA, *post_2005* y *seguro_2005* consiguieron reducir notablemente el tiempo de desarrollo de sus proyectos tecnológicos.

Puede decirse que SOA tiene menor coste de implementación que otras soluciones tecnológicas porque se basa en la reutilización de los componentes existentes, en el uso de interfaces estándares y en el desarrollo de aplicaciones de menor tamaño (*Kooijmans y otros, 2006*).

Característica A.6.5.- Objetivo de configuración de las soluciones en forma de servicios:

Uno de los principios tecnológicos de SOA es la construcción de los sistemas de información a partir de servicios (*Kooijmans y otros, 2006*). Como se verá a continuación, las características propias de estos servicios proporcionan ciertas ventajas a las empresas que adoptan soluciones SOA.

En los casos *salud_2006*, *colabora_2006*, *seguro_2005*, *construc_2007* y *aeroesp_2005* se configuran los sistemas en forma de servicios para separar la funcionalidad ofrecida por éstos de su implementación, lo que ofrece independencia con respecto al proveedor de tecnología y favorece la integración entre múltiples intervinientes de la cadena de suministro (*OASIS, 2006*).

Por otro lado, la reutilización de los servicios simplifica los nuevos desarrollos informáticos al reducir el tamaño de los sistemas y, además, da cohesión a la empresa porque se puede realizar una misma tarea de forma uniforme en los distintos procesos de negocio en los que aparece (*Kooijmans y otros, 2006*). Esto es especialmente importante en los casos *halifax_2005*, *contabi_2004*, *post_2005*, *suisse_2005*, *financiera_2005*, *capital_2004*, *telecom_2004*, *fabrica_2005* y *micropago_2004*, en los que buena parte de los servicios implementados son comunes a múltiples procesos de negocio. No obstante, como se señala en el caso *ferroca_2005*, para que esta reutilización sea verdaderamente eficiente, debe potenciarse desde la fase de diseño de la nueva infraestructura.

Finalmente, al hacer que los servicios sean independientes entre sí, aumenta la fiabilidad del sistema global, pues el fallo de un servicio no provoca el colapso del sistema (*Thanh y otros, 2005*). Este objetivo se menciona en el caso *móviles_2005*.

Característica A.6.6.- Realización de transacciones en tiempo real:

Las empresas de los casos *financiera_2005*, *fabrica_2005* y *móviles_2005* señalan su necesidad de realizar transacciones en tiempo real para responder a los requisitos de sus clientes. Sin embargo, el hecho de que puedan entrar nuevas operaciones en sus sistemas en cualquier momento dificulta el procesamiento *batch* de grandes volúmenes de datos, práctica típica en la industria bancaria (representada por el caso *banco_2001*).

De forma similar otras empresas imponen el tratamiento *online* de información porque algunas de sus actividades tienen que completarse en un plazo máximo de tiempo; esto sucede en los casos de *electrón_2006* y *contabi_2004*.

Para poder alcanzar estos objetivos, en los casos *suisse_2005*, *capital_2004* y *cade.sum_2007* se decidió implantar sendas soluciones SOA. A juicio de los autores de *CRM_2003*, SOA facilita la realización de transacciones en tiempo real porque garantiza la total integración de las aplicaciones de una empresa mediante interfaces estándares, con ellos se reconcilian las diferencias en los modelos de información de las aplicaciones participantes y se reducen las acciones manuales (*Natis, 2003*).

Además, SOA permite repartir grandes cargas de trabajo entre distintos servicios idénticos, de manera que cada uno procesa un porcentaje de información (*Kooijmans y otros, 2006*). Esta medida suele aplicarse a procesos críticos que constituyen cuellos de botella (*OASIS, 2006*).

Finalmente, hay que destacar que el uso de tecnologías Web ligeras, como los *Web Services*, favorece la realización de transacciones en tiempo real (*Jung y otros, 2005*).

4.2. Entidad B.- Cliente:

Una característica clave de las empresas actuales es su capacidad para dirigir negocios a través de las fronteras de la empresa casi con tanta eficiencia y efectividad como dentro de la misma para coordinar las actividades de todos los miembros de la cadena de suministro (*Laudon y otros, 2004*). Esta apertura de fronteras abarca, aguas abajo de la cadena de suministros, a los clientes finales. A partir de la integración y la mejora de la comunicación con los clientes, se pretende, entre otros objetivos, mejorar los niveles de servicio actuales, así como obtener información relevante para poder adaptarse mejor a sus necesidades futuras.

Característica B.1.- Múltiples clientes:

Frente a empresas que tienen como cliente principal a una sola organización, en los casos *halifax_2005*, *viajes_2005* y *micropago_2004* la facturación está repartida entre varios millones de clientes de diverso tamaño, poder económico e, incluso, pertenecientes a distintas industrias. Además, algunas de las empresas de este estudio (casos *ferroca_2005*, *precios_2005* y *móviles_2005*) tienen como objetivo de negocio aumentar su número de clientes, por lo que deben conseguir llegar a ellos y ofrecerles un producto con las características y condiciones que ellos esperan.

SOA favorece la gestión de un elevado número de clientes porque permite que todos ellos utilicen las mismas aplicaciones de negocio sin tener que adaptarlas; es decir, distintas categorías de clientes, en distintas situaciones y mediante diversos canales de acceso pueden invocar los mismos servicios (*Natis, 2003*). Ello se consigue gracias al empleo de interfaces estándares (*Kooijmans y otros, 2006*).

Además, al captar un nuevo cliente, no se le imponen condiciones para poder conectarse a las aplicaciones de la empresa, puesto que, al ser los servicios independientes de la tecnología utilizada para su implementación (*OASIS, 2006*), la aplicación que solicita un servicio no tiene que conocer sus características tecnológicas (*Kooijmans y otros, 2006*).

Característica B.2.- Necesidad de integración entre los propios sistemas de

información y los de los clientes:

Las empresas están experimentando el aumento de la participación de los clientes en el proceso de venta (*Marks y otros, 2006; Power, 2005*) y han reconocido su necesidad de ofrecer respuestas *online* (*Colombo y otros, 2005*); para que ello se haga de forma eficiente, es necesario establecer una colaboración más estrecha con los mismos (*Natis, 2003*).

De hecho, en los casos *unitech_2003, aeroesp_2005, telecom_2004, CRM_2003* y *precios_2005* se identificó la necesidad de integrar los propios sistemas con los de los clientes para facilitar el intercambio de información, con lo que se puede disponer de datos reales y totalmente actualizados sobre éstos.

En los casos *suisse_2005* y *cade.sum_2007* la integración con los sistemas de los clientes se realiza para aprovechar las oportunidades comerciales que ofrece el comercio electrónico B2B.

Todo ello hace que empresas como las de los casos *calzado_2006, construc_2007, viajes_2005* y *colabora_2006* estén cambiando sus objetivos tecnológicos desde la integración interna de sus aplicaciones hasta la integración con los sistemas de todos los participantes en la misma cadena de suministro.

SOA recurre a interfaces de comunicación estándares para conseguir la integración de sistemas de distintas tecnologías tanto dentro como fuera de la organización, por lo que favorece la integración con clientes (*Kooijmans y otros, 2006*).

4.3. Entidad C: Proveedor

En la actualidad, las empresas están cambiando sus relaciones con los proveedores porque se considera que una colaboración más estrecha con ellos puede mejorar las características del producto final (*Ponce y otros, 2004*). Para que esta cooperación resulte eficiente, es necesario integrar los propios sistemas de información con los de los proveedores, de forma que se pueda compartir la información sin problemas.

Característica C.1.- Múltiples proveedores:

Las empresas de los casos *calzado_2006, unitech_2003* y *móviles_2005* tienen un elevado número de proveedores de componentes que se deben coordinar para poder hacer el producto en el momento exacto y con el mínimo impacto en costes.

Las relaciones de la empresa del caso *aeroesp_2005* con sus proveedores son más complejas, puesto que, para realizar su proceso productivo, requiere la cooperación de proveedores especializados que se distribuyen geográficamente.

Por otro lado, la prestación de servicios complejos, como los presentados en los casos *micropago_2004* y *viajes_2005*, se componen a partir de la intervención de múltiples proveedores de información (vendedores, bancos, etc.) que deben estar integrados.

Las oportunidades que ofrece SOA en este sentido son análogas a las indicadas en la característica B.1: favorece la gestión de un elevado número de proveedores y

simplifica la conexión con los nuevos participantes. Para una mayor explicación de esto, nos remitimos a dicha característica.

Característica C.2.- Necesidad de integración entre los propios sistemas de información y los de los proveedores:

Las actuales relaciones entre clientes y proveedores imponen elevados requerimientos de seguridad, confidencialidad e integridad en la transmisión de información. Esto hace necesario la integración de la cadena de suministro (Ponce y otros, 2004).

Las empresas de los casos *calzado_2006*, *cade.sum_2007*, *viajes_2005*, *ferroca_2005*, *precios_2005*, *construc_2007* y *unitech_2003* reconocieron la importancia de desarrollar cadenas de suministro integradas para mejorar la eficiencia de sus negocios. Esta necesidad es mayor cuanto más estrecha es la colaboración entre las empresas participantes (caso *aeroesp_2005*) o cuando se realiza comercio electrónico (caso *suisse_2005*).

Como resultado, muchas de las empresas estudiadas han puesto en marcha proyectos de integración de los distintos sistemas de su cadena de suministro. Pero hay que tener en cuenta que, para que las soluciones resulten eficientes, se deben emplear tecnologías capaces de reducir el coste de estos proyectos, como hace SOA, a juicio de los autores del caso *CRM_2003*.

Además, las soluciones SOA empleadas en los casos *telecom_2004* y *colabora_2006* resultan más eficientes en un mercado dinámico porque dan lugar a cadenas de suministro escalables y flexibles.

Para una mayor descripción de las ventajas de SOA en la integración con los sistemas de información de proveedores, remitimos a lo comentado en la característica *B.2 Necesidad de integración entre los propios sistemas de información y los de los clientes*.

4.4. Entidad D.- Socios de Negocio:

En esta entidad se recogen las características de otras empresas, como subcontratas y empresas fusionadas, con las que las organizaciones objeto de estudio están muy vinculadas.

Característica D.1.- Búsqueda de la externalización de ciertas actividades de la cadena productiva:

En la actualidad, muchas empresas están trasladando algunas de sus actividades y responsabilidades de decisiones internas a otras empresas externas; esto es lo que se conoce como externalización. Aunque existen múltiples razones para hacerlo, una de las más comunes es aprovechar la posibilidad de que la propia empresa se concentre sólo en las tareas que representan sus competencias fundamentales (Chase y otros, 2005).

Pero para que esta estrategia tenga las ventajas esperadas, se requiere una estrecha cooperación entre todas las empresas asociadas; para lograrlo, es necesario favorecer el intercambio de información entre ellas (Chase y otros, 2005). Esta es la razón de que las empresas de los casos *aeroesp_2005* y *colabora_2006* traten de

integrar los sistemas información de las empresas especializadas en distintas actividades del proceso de fabricación. También, servicios como los sistemas de establecimiento interactivo de precios (caso *precios_2005*) requieren una gran integración entre los fabricantes y los suministradores de los productos.

De nuevo, se trata del caso de distintas empresas que recurren a soluciones SOA para integrar de forma flexible sus distintos sistemas de información, por lo que remitimos a las características B.2 y C.2, en las que se explican las ventajas de SOA en la integración de sistemas informáticos de distintas empresas.

4.5. Entidad E.- Entorno:

En esta entidad recogeremos aquellos aspectos externos a la propia organización, que determinan sus características, la estrategia de negocio y, como consecuencia, las propiedades de los sistemas de información. Pues, como comentan algunos autores (*Cuervo y otros, 2004*), la organización de una empresa es el resultado de las actividades que se desarrollan en ella y de la respuesta que ésta da a las presiones externas.

Característica E.1.- Entorno dinámico:

Las empresas actuales están sometidas a un entorno dinámico y competitivo que les obliga a adaptar sus negocios con rapidez tanto a los cambios en la demanda del cliente como a las modificaciones de la normativa aplicable (*Kooijmans y otros, 2006*) con el objetivo de obtener una mejora en su actuación y un incremento constante de sus resultados (*Hernández y otros, 2007*).

Las empresas de los casos *calzado_2006*, *produc_2006* y *fabrica_2005* deben seguir los rápidos cambios de su demanda, por lo que necesitan desarrollar sistemas informáticos flexibles. Entornos como Internet, en el que opera *colabora_2006*, son aún más dinámicos que los mercados tradicionales.

La industria informática y de telecomunicaciones, de los casos *unitech_2003*, *telecom_2004* y *construc_2007*, sufren constantes renovaciones de los productos debido a los avances de la tecnología y a las modas.

En ciertas industrias, los cambios normativos, como la aparición de la normativa Basilea II en el sector bancario (*financiera_2005*), obligan a adaptar los sistemas para mejorar la gestión de información y la trazabilidad de las transacciones.

SOA establece que los servicios deben estar poco acoplados entre sí para permitir que los cambios en la configuración de los procesos se realicen con rapidez, facilitando la adaptación de los sistemas a las necesidades de un negocio dinámico (*Kooijmans y otros, 2006*). Además, para lograr sistemas de información flexibles, es necesario que sistemas heterogéneos estén integrados adecuadamente para trabajar de forma conjunta (*Kooijmans y otros, 2006*).

5. CONCLUSIONES

En este artículo se han identificado las características de las empresas que utilizan soluciones basadas en Arquitectura Orientada a Servicios (SOA, por sus siglas en inglés), así como de su contexto de operación. Para ello, se ha recurrido al análisis estructurado de 25 casos reales de implantación exitosa recogidos en la literatura especializada.

Como resultado de este análisis, se ha identificado un conjunto de características relevantes agrupadas según 10 categorías y subcategorías lógicas. En la figura 4 se presenta un esquema en el que aparecen las distintas características identificadas, incluyendo, entre paréntesis, el número de casos en los que aparece cada una.

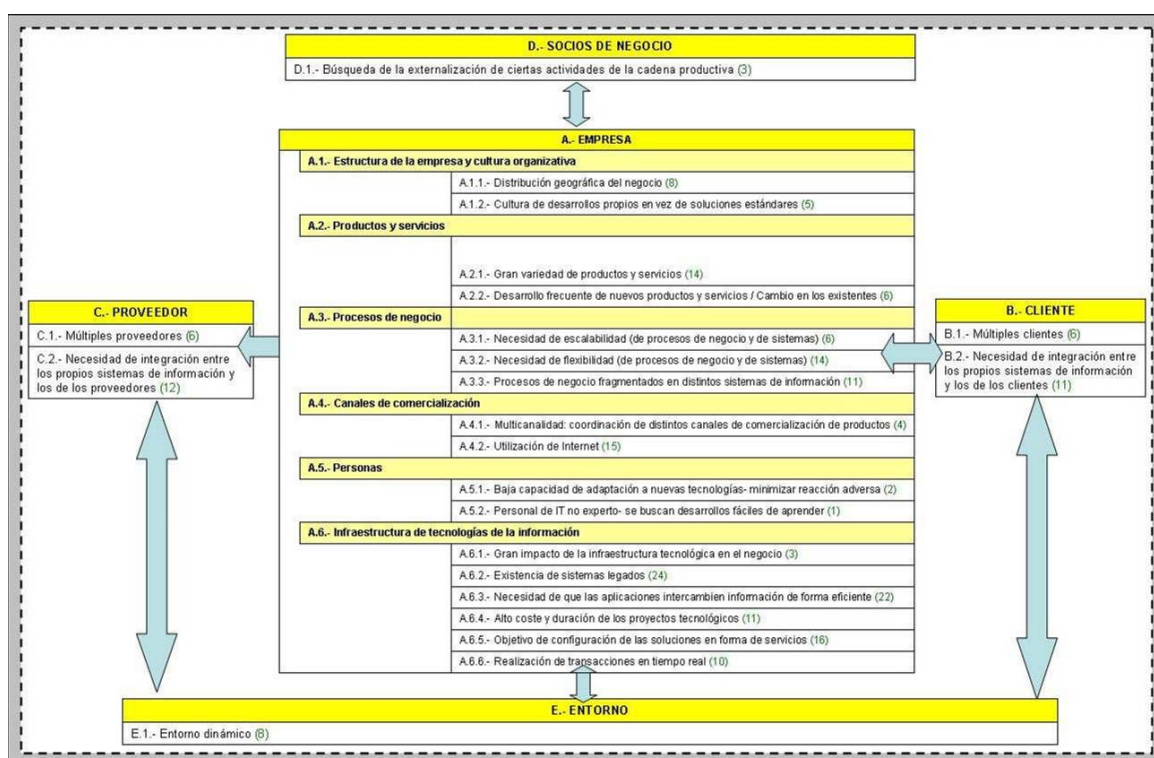


Figura 4: Características de las empresas que implantan soluciones SOA

En este esquema, se destaca el hecho de que en 24 de los 25 casos estudiados, las empresas cuentan con importantes sistemas legados (característica A.6.2.- *Existencia de sistemas legados*), que no se pretenden sustituir. Cuando estos sistemas se desarrollan sin una planificación suficiente, pueden surgir dificultades para conseguir que intercambien información; por lo tanto, el objetivo de muchas empresas es obtener la *necesidad de que las aplicaciones intercambien información de modo eficiente* (A.6.3), lo que se menciona en 22 casos. Para lograr la integración necesaria en sus sistemas, 16 de las empresas estudiadas se han fijado el *objetivo de configuración de las soluciones en forma de servicios* (A.6.5).

Por otro lado, las características de los mercados actuales imponen la *utilización de Internet* (A.4.2) en 15 casos reales, ya sea como canal de comercialización de sus productos o como principio de desarrollo de sus sistemas de información. Una de las razones de recurrir a tecnologías como Internet es que el dinamismo del entorno actual impone la *necesidad de flexibilizar procesos de negocio y sistemas* (A.3.1) para, entre otras cosas, poder ofrecer *gran variedad de productos y servicios* (A.2.1).

Las características anteriormente mencionadas resultan coherentes con los principios básicos de la tecnología SOA, que hacen posible la consecución de los siguientes objetivos fundamentales:

- Integración de diversas aplicaciones informáticas, tanto dentro como fuera de la propia organización.
- Independencia entre las funcionalidades desarrolladas y las tecnologías de implementación empleadas gracias al uso de protocolos estándares.
- Flexibilidad de los procesos de negocio y de los sistemas de información, lo que implica, también, la simplificación de los nuevos desarrollos informáticos.
- Uso de Internet y aumento de la agilidad del negocio, permitiendo realizar mayor número de transacciones en tiempo real.

Frente a todas estas características, existe un elevado número de empresas con procesos productivos altamente estandarizados y estables, que necesitan tener totalmente centralizados sus aplicaciones o que necesitan renovar totalmente sus sistemas legados. En opinión de ciertos expertos (*Ross y otros, 2000; Luo y otros, 2.004; Olson, 2.004*), estas empresas tienden a implementar aplicaciones empresariales (*Enterprise Resource Planning- ERP*) y, efectivamente, tales circunstancias no se han encontrado en este estudio.

Una limitación de este estudio es que sólo se han estudiado casos de éxito porque se pretenden determinar las particularidades que tienen las empresas que suelen recurrir a soluciones SOA. De manera que no se han explorado las barreras y los problemas con que se encuentran las empresas que inician sin éxito la implantación de soluciones basadas en esta arquitectura. Por ejemplo, autores como Natis (*Natis, 2003*), sostienen que SOA no resuelve todos los problemas de integración, fundamentalmente en lo referente a la integración de datos.

A modo de resumen, puede decirse que el interés que está despertando el aún incipiente paradigma de desarrollo de sistemas de información SOA está llevando a múltiples empresas a preguntarse si en sus circunstancias específicas deberían adoptarlo. Para realizar este análisis, será de gran ayuda una comprensión creciente de las características empresariales bajo las que SOA resulta más aplicable, en la línea iniciada en este trabajo, así como de aquellas en las que su adopción se enfrenta a mayores dificultades.

BIBLIOGRAFÍA

ANTONUCCI, Javier. **SOA: Arquitecturas orientadas a servicios** [en línea]. Data.TI, MC Ediciones. Julio – agosto 2.004 [ref. de 14 de abril de 2007]. Pp. 36-37. Disponible en World Wide Web:

<<http://www.mcediciones.es/DATA.TI/HOME/index2.asp?NUMERO=212>>.

BERNHARD, Martin; HINZ, Oliver. “Creating Value with Interactive Pricing Mechanism- a Web Service- Oriented Architecture”. En: **Proceedings** of the 7th IEEE International Conference on E-commerce Technology (CEC '05). [S. l.]: [s.n.], 2005.

BIEBERSTEIN, Norbert; BOSE, Sanjay; FIAMMANTE, Marc; JONES, Keith; SHAH, Rawn. **Service-Oriented Architecture Compass: Business Value, Planning, and Enterprise Roadmap**. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall PTR, 2005.

BOTELLA, Pere; BURGUÉS, Xavier; CARVALLO, Juan P.; FRANCH, Xavier; PASTOR, Joan A.; QUER, Carmen. “Towards a quality model for the selection of ERP systems”. En: CECICH, Alejandra; PIATTINI, Mario; VALLECILLO, Antonio (eds.). **Component-Based Software Quality: Methods and Techniques**. Berlín: Springer, 2003. Colección “Lecture Notes in Computer Science”, vol. 2693, pp. 225-245.

CHAPPELL, David A. **Enterprise Service Bus**. O'Reilly, 2.004.

CHASE, Richard B.; JACOBS, F. Robert; AQUILANO, Nicholas J. **Administración de la Producción y Operaciones para una Ventaja Competitiva**. México: Mc Graw Hill, 2005.

CIGANEK, Andrew P.; HAINES, Mark N.; HASEMAN, William Dave. “Challenges of Adopting Web Services: Experiences from the financial Industry”. En: **Proceedings** of the 38th Hawaii International Conference on System Sciences [en línea]. 2005 [ref. de 14 de abril de 2007]. Disponible en World Wide Web: <<http://csdl2.computer.org/comp/proceedings/hicss/2005/2268/07/22680168b.pdf>>

CLARKE, Paul. “Hidden SOA Challenges”, **Enterprise Architect**, 13 Diciembre, 2004. Disponible en World Wide Web: <http://www.ftponline.com/ea/magazine/winter2004/columns/workingmodel/pclarke/default_pf.aspx>

COLOMBO, A. W.; JAMMES, F.; SMIT, H.; HARRISON, R.; MARTÍNEZ LASTRA, J. L.; DELAMER, I.M. “Service - Oriented Architecture for Collaborative Automation”. En: **Proceedings** of IEEE IECON 2005, Raleigh, North Carolina. 2005.

COUGHLAN, Anne; ANDERSON, Erin; STERN, Louis W. **Marketing Channels**. 6^a edición. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2007.

CUERVO GARCÍA, Álvaro; FERNÁNDEZ ÁLVAREZ, Ana Isabel; FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, Zulima y otros. **Introducción a la Administración de Empresas**. CUERVO GARCÍA, Álvaro (director), VÁZQUEZ ORDÁS, Camilo J. (coordinador). 5^a Ed. Madrid: Thomson Civitas, 2004. Colección “Biblioteca Civitas Economía y Empresa”.

DACONTA Michael C.; OBRST, Leo J.; Smith, Kevin T. **The semantic web**. Indianapolis: Wiley, 2003.

DAVENPORT, Thomas H. **Mission Critical: Realizing the Promise of Enterprise**

Systems. Boston, Massachusetts: Harvard Business School Press, 2000.

DAVENPORT, Thomas H. **Process Innovation: Reengineering work through Information Technology**. Boston, Massachusetts: Harvard Business School Press, 1993.

DELAMER, Iván M.; MARTÍNEZ LASTRA, José Luis. "Service- Oriented for distributed publish/ subscribe middleware in electronics production". **IEEE Transaction on Industrial Informatics**. 2006, vol 2, n° 4, pp. 281-294.

DRUCKER, Peter. **Management Challenges for the 21st Century**. Cambridge, MA: Harper Business School Press, 1999.

DUKE, Alistair; DAVIES, John; RICHARDSON, Marc; KINGS, Nick. "A Semantic Service Orientated Architecture for the Telecommunications Industry". En: AAGESEN, Finn Arve; CHUTIPORN, Anutariya; WUWONGSE, Vilas (eds.): **Intelligence in Communications Systems**. Berlín: Springer, 2004. Colección "Lecture Notes in Computer Science", vol. 3283, pp. 236-245.

EISENHARDT, K.M. "Building theory from case study research". **The Academy of Management Review**. 1989, vol 14, n° 4, pp 532-550.

EMMERICH, Wolfgang; ELLMER, Ernst; FIEGLEIN, Henry. "TIGRA - An architectural style for EAI". En: **Proceedings** of the 23rd International Conference on Software Engineering (ICSE 2001). IEEE Computer Society, 2001. Pp. 567-576.

ERL, Thomas. **Service-Oriented Architecture: Concepts, Technology and Design**. 1^a Ed. [S. l.]: Prentice Hall, 2005.

GANESH, Jai; PADMABHUNI, Srinivas; MOITRA Deependra. "Web services and multi- channel integration: a proposed famework" En: **Proceedings** of the IEEE International Conference on Web Services (ICWS'04). [S. l.]: [s.n.], 2005. Pp. 70-79.

GUDIVADA, Venkat N.; NANDIGAM, Jagadeesh. "Enterprise Application Integration using Extensible Web Services". En: **Proceedings** of the 26th International Conference on Web Services (ICWS'05). [S. l.]: [s.n.], 2005. Pp. 41-48.

HERNÁNDEZ ORTEGA, Blanca; JIMÉNEZ MARTÍNEZ, Julio; MARTÍN DE HOYOS, María José. "Aceptación empresarial de las tecnologías de la información y de la comunicación: Un análisis del sector de servicios". En: **Revista de Gestao da Tecnologia e Sistemas de Informaçao**. Journal of Information Systems and Technology Management. 2007, Vol. 4, N° 1, p 03-22.

HILL, Charles W.L.; JONES, Gareth. **Strategic Management**. Illinois: Houghton Mifflin, 2001.

HOTLE, M.; BLECHAR, M., **Reuse Is the Key to SODA ROI Model**. Gartner Research Note, 18 Octubre 2004.

HUIDOBRO MOYA, José Manuel; ROLDÁN MARTÍNEZ, David. **La Tecnología e-business**. Madrid: Thomson Paraninfo, 2005.

JUNG, Moon; JUNG, Hong Suk; KIM, Woongsup; GOPLANNALAN, Ravi. "A framework for Collaborative Product Commerce using Web services", En: **Proceedings** of the IEEE International Conference on Web Services (ICWS'04). [S. l.]: [s.n.], 2005. Pp. 52-60.

KAYE, Doug. **Losely Coupled**: The Missing Pieces of Web Services. RDS Press, 2003, First Edition. Capítulo 9.

KAZLAUSKAITE, Jurga; MINHAS, Arsalan; VOGT, F. H. “Applying Service Oriented Architecture in the Aerospace Industry”. En: **Proceedings** of the International Mass Customization Meeting (IMCM '05). Berlín: GITO-Verlag, 2005.

KIM, Stefan; SUGUMARAN, Vijayan. “A Service- Oriented Architecture for Mass Customization – A Shoe Industry Industry Case Study”. **IEEE Transactions on Engineering Management**. 2006, vol 53, nº 2, pp. 326-327.

KING, Leo. “BEA Summit: Bank highlights SOA challenges. Monitoring security and governance issues can be difficult”, **Computer World UK**, 18 Junio, 2007. Disponible en la World Wide Web:

<http://www.computerworlduk.com/technology/development/soa/news/index.cfm?news_id=3549>

KOOIJMANS, Alex Louwe; DE GREEF, Niek; RAISCH, Daniel; YONA, Eran. **The value of the IBM System z and z/OS in Service-Oriented Architecture** [en línea]. ITSO. 08 de septiembre de 2006 [ref. de 23 de febrero de 2007]. (Colección Redbooks IBM). Disponible en World Wide Web:

<<http://www.redbooks.ibm.com/abstracts/redp4152.html>>.

KRAFZIG, Dirk; BANKE, Karl; SLAMA, Dirk. **Enterprise SOA: Service- Oriented Architecture Best Practices**. [S. l.]: Prentice Hall, 2005. Foreword, Capítulos 7, 14, 15, 16 y 17

KUMAR, Sanjeev; DAKSHINAMOORTHY, Vijay; KRISHNAN, M. S. “Does SOA Improve the Supply Chain? An Empirical Analysis of the Impact of SOA Adoption on Electronic Supply Chain Performance” 2007 IEEE En: **Proceedings** of the 40th Hawaii International Conference on System Sciences [en línea]. 2007 [ref. de 07 de junio de 2007]. Disponible en World Wide Web:

<<http://csdl2.computer.org/comp/proceedings/hicss/2007/2755/00/27550171b.pdf>>

KUO, David C.L.; SMITS, Martin. “Performance of Integrated Supply Chains: an International Case Study in High Tech Manufacturing”. En: **Proceedings** of the 36th Hawaii International Conference on System Sciences [en línea]. 2003 [ref. de 14 de abril de 2007]. Disponible en World Wide Web:

<<http://csdl2.computer.org/comp/proceedings/hicss/2003/1874/08/18740241.pdf>>

LAUDON, Kenneth C.; LAUDON, Jane P. **Sistemas de Información Gerencial**. 8^a ed. [S. l.]: Prentice Hall, 2004.

LUO, Wenhong; STRONG, Diane M. “A framework for evaluating ERP implementation choices”. **IEEE Transactions on Engineering Management**. 2004, vol 51, nº 3. Pp. 322-333.

MARKS, Eric A.; BELL Michael. **Service Oriented Architecture: A Planning and Implementation Guide for Business and Technology**. [S. l.]: British Library, 2006.

McALEARNY, Shawna. “Where do we go from here?”, **Gartner Application Integration & Web Services Summit** Note, 19 Octubre, 2006.

MINTZBERG, Henry. **The Rise and Fall of Strategic Planning**. [S. l.]: Prentice Hall -

Financial Times, 1994.

NATIS, Yefim V. "Service - Oriented Architecture Scenario". **Gartner Research**, AV-19-6751. 16 Abril 2003.

OASIS Committee Specification. **Reference model for Service Oriented Architecture 1.0**. McKenzie y otros (eds.). OASIS Open, 2006.

OLSON, David L. **Managerial of issues of ERP systems**. 1ªEd. Illinois: McGraw-Hill, 2004.

OMAR, Wail M.; TALEB-BENDIAB, A. "E- Health Support Services Based on Service Service- Oriented Architecture" **IT Professional**. 2006, vol 8, nº 2, pp. 35-41.

PAPAZOGLU, Mike P.; DEN HEUVEL, Willem-Jan. "Service Oriented Architectures: Approaches, Technologies and Research Issues". **VLDB Journal**. 2007 (en prensa).

PFADENHAUER, Konrad; KITTL, Burkhard; DUSTDAR, Schahram; LEVY, David. "Shop Floor Information Management and SOA". En: EDER, J.; DUSTDAR, S. et al. **BPM 2006 Workshops**. Berlín: Springer, 2006. Colección Lecture Notes on Computer Sciences, vol 4103, pp. 237-248.

PONCE, E.; PRIDA, B. Logística de **Aprovisionamientos para la integración de la cadena de suministros**. Madrid: Prentice Hall, 2004.

QURESHI, Khubaid Ahmed. "**Enterprises Application Integration**". En: **International Conference on Emerging Technologies**. Islamabad, [s. n.], 2005.

RABHI, Fethi A.; DABOUS, Feras T.; YU, Hairong; BENATALLAH, Boualem; LEE, Yun Ki. "A Case Study in Developing Web Services for Capital Markets". En: **Proceedings** of the 2004 IEEE International Conference on e-Technology, e-Commerce and e-Service (EEE '04). [S. l.]: [s.n.], 2004. Pp. 38-41.

REZGUI, Y. "Role-based service-oriented implementation of a virtual enterprise: A case study in the construction sector". **Computers in Industry**. 2007, vol 58, nº 1, pp. 74-86.

ROSS, Jeanne W.; VITALE, Michael R. "The ERP Revolution: Surviving vs. Thriving". **Information Systems Frontiers**. 2000, vol 2, nº 2. Pp. 233-241.

SCOTT, Jude E.; VESSEY, Iris. "Implementing Enterprise Resource Planning Systems: The role of learning from failure". **Information Systems Frontiers**. 2000, vol 2, nº 2. Pp. 213-232.

SELLAND, Chris. **Beyond the Hype, The Impact of Web Services on CRM**. Reservoir Partners, L.P.: Marzo 2003 [ref. de 03 de febrero de 2007]. Disponible en World Wide Web:

<<http://www.crm2day.com/library/EpZuEZVAlyZbGLkVRI.php>>

Pervasive Services (ICPS '05). [S. l.]: [s.n.], 2005. Pp.445-448.

SONG, William; CHEN, Deren; CHUNG, Jen Yao. "An Investigation on Using Web Services for Micro- Payment" En: **Proceedings** of the European Conference on Web Services. Springer, 2004.

SOTO, Adolfo R. de; CUERVO FERNÁNDEZ, Eva. “Nuevas Tendencias en Sistemas de Información: Procesos y Servicios”. En: **Pecvnia**. 2.006. Vol. 2. Pp 129-158.

TANG, Jing Fan “A flexible Service- oriented Architecture for cross- enterprise business integration and cooperation”. En: **Proceedings** of the 12th International Conference on Multi Media Modelling (MMM '06). [S. l.]: [s.n.], 2006.

THANH, Do van; JØRSTAD, Ivar. “A Service-Oriented Architecture Framework for Mobile Services”. En: **Proceedings** of the Advanced Industrial Conference on Telecommunications/Service Assurance with Partial and Intermittent Resources Conference/E-learning on Telecommunications Workshop (AICT/SAPIR/ELETE 2005). [S. l.]: [s.n.], 2005. Pp.65-70.

WIMMER, Martin; ALBUTIU, Martina Cezara; KEMPER, Alfons. “Optimized workflow authorization in Service Oriented Architectures” En: MÜLLER, G. (ed.): **Emerging Trends in Information and Communication Security**. Berlín: Springer, 2006. Colección “Lecture Notes in Computer Science”, vol. 3995, pp. 30-44.

WU, C. Eric; HORN, William P. “An Advance Accounting Service for AIX Systems”. En: **Proceedings** of the 2005 IEEE International Conference on Services Computing (SCC '05). [S. l.]: [s.n.], 2004. Vol 2, pp. 159-167.

YIN, R. K. **Case study Research**, Design and Methods. Thousands Oaks, C.A: Sage Publications, 2003.