

# Arquitectura Orientada a Servicios – SOA, aplicada a la industria

Diana Jimena López  
Grupo de Investigación en Sistemas Inteligentes  
Corporación Universitaria Comfacauc  
dlopez@unicomfacauca.edu.co

Jhon Alexander Guerrero  
Grupo de Investigación en Sistemas Inteligentes  
Corporación Universitaria Comfacauc  
jguerrero@unicomfacauca.edu.co

Ermilso Díaz Benachí  
Grupo de Investigación en Sistemas Inteligentes  
Corporación Universitaria Comfacauc  
ediaz@unicomfacauca.edu.co

Fecha Recepción: 15/09/14 - Fecha Aprobación: 15/12/14

**Resumen:** Artículo resultado de investigación. La Arquitectura Orientada a Servicios –SOA (Service Oriented Architecture) es un concepto creado principalmente para satisfacer los objetivos de negocio, reducir los costos de implementación, ofrecer innovación de servicios a clientes y obtener agilidad de adaptación ante cambios del entorno. Actualmente, este paradigma ha trascendido más allá de aplicaciones informáticas para convertirse en una herramienta útil en la industria. Su aplicación ha llevado a que se faciliten los procesos de integración empresarial al concebir los dispositivos de fabricación como servicios y situarlos al mismo nivel de las operaciones relacionadas con la logística empresarial.

**Palabras clave:** Automatización industrial, integración empresarial, Arquitectura Orientada a Servicios-SOA, cadena de producción, Planeación de los Recursos Empresariales - ERP.

**Abstract:** Article outcome research. Service Oriented Architecture SOA is a concept created primarily to meet business objectives, reduce implementation costs, offer innovative services to customers and gain agility to adapt to changing environments. Currently, this paradigm has transcended beyond computing to become a useful tool in industry applications. Its implementation has led to business integration processes are provided in conceiving devices manufacturing and services and place them at the same level of operations related to business logistics.

**Keywords:** Industrial automation, enterprise integration, services-oriented architecture SOA, production line, Enterprise Resource Planning - ERP.

## 1. Introducción

Actualmente, una empresa de producción no podría sobrevivir en un mercado globalizado sin automatizar sus procesos productivos y administrativos, es por ello que la integración empresarial se convierte en un medio fundamental para mejorar el rendimiento y la eficacia de las funciones operacionales de una empresa industrial moderna [1]. El integrar todos los niveles de planta con los procesos administrativos permite a las organizaciones realizar una toma de decisiones operacionales, tácticas y estratégicas más eficaces, además de obtener otros beneficios

implícitos reflejados en la conservación del medio ambiente, calidad en los productos finales, flexibilidad y seguridad laboral. Como resultado de ello, cada día son más numerosos los esfuerzos de las empresas de producción por implementar esta nueva tendencia, por lo que la ejecución de proyectos de automatización industrial, basados en integración empresarial, se convierte en una labor común para los profesionales en ingeniería cuyo énfasis es la automatización, integración y control industrial.

En los últimos años, aparece un nuevo concepto denominado SOA, el cual ha ganado gran aceptación

en muy pocos años y no sólo se ha logrado aplicar en proyectos relacionados con la informática, actualmente empieza a implementarse exitosamente en la industria, más específicamente en los dispositivos de fabricación. Este paradigma se posiciona de manera significativa en la industria y se ha convertido en una herramienta que facilita el proceso de integración empresarial. El uso de SOA como nueva infraestructura de comunicación basada en servicios deja atrás las tradicionales arquitecturas maestro-esclavo y abren nuevas oportunidades y perspectivas que, sin duda, incrementan la productividad y la competitividad en las empresas de producción que desean mantenerse en un mercado globalizado.

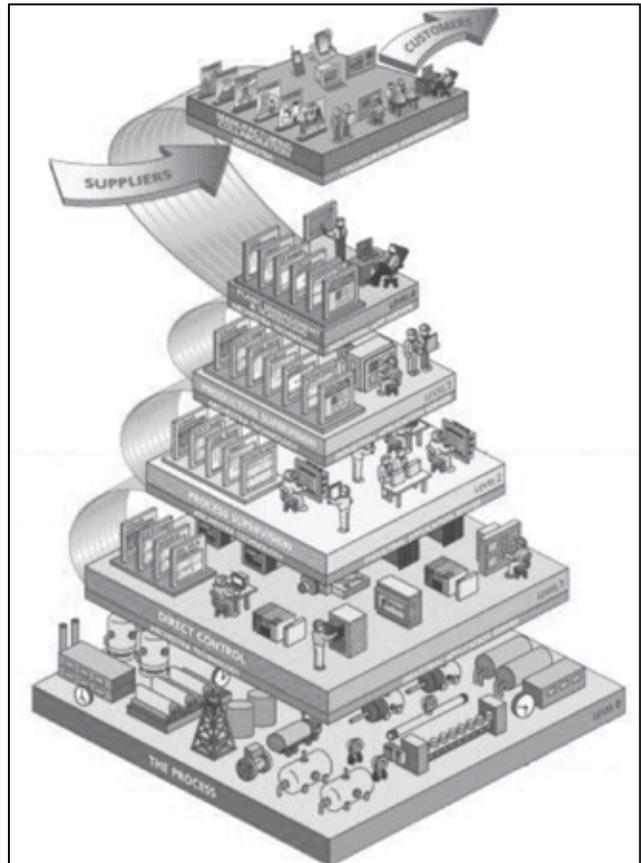
Este artículo inicia con un estado del arte donde se expone una serie de trabajos relacionados, los cuales reportan diversos intentos por lograr una integración empresarial y el papel de SOA como herramienta facilitadora dentro del proceso. Posteriormente, se muestran los principales aportes que estas investigaciones hacen al trabajo que se lleva a cabo actualmente dentro del énfasis Integración Empresarial, adscrito al Semillero de Investigación en Mecatrónica de la Corporación Universitaria Comfacauca, y se finaliza con las conclusiones al respecto.

## **2. Estado del Arte**

### **A. Integración Empresarial**

El sector empresarial cada vez basa más su negocio en las TICs (Tecnologías de la Información y Comunicación), pero tradicionalmente, la incorporación de estas tecnologías se hace separadamente en cada área funcional de la organización. El área relacionada con la logística empresarial (nivel superior de la pirámide de la figura 1) es mucho más susceptible de ser manejada por las nuevas tecnologías de la información; esta condición disminuye al descender la pirámide, donde el nivel de supervisión concibe en un término medio el uso de TICs, el nivel de control en un término bajo y el nivel de fabricación en un término generalmente nulo.

Figura. 1. Esquema jerárquico empresarial [2].



Uno de los primeros intentos por enfrentar el reto de la integración empresarial es el uso de las redes industriales. A través del uso de interfaces se facilita el intercambio de información entre cada uno de los niveles de la empresa. Cada nivel maneja requisitos funcionales únicos respecto a la comunicación, por lo tanto, existe un stock de protocolos particular en cada nivel, siendo DeviceNet uno de las más comunes en el nivel de fabricación y ControlNet en el nivel de control y supervisión. Otras redes industriales comunes como son ModBus, Hart, Profibus, DH-485, Fieldbus y Ethernet Industrial. En [3] se recopilan las diferentes tecnologías de comunicación e integración utilizadas actualmente en los niveles de fabricación, vistos siempre como sistemas externos a los procesos de negocios.

Schneider, una empresa Alemana líder en fabricación y distribución de elementos para la automatización, propone la introducción de dispositivos embebidos con disponibilidad de conexión Ethernet en sus módulos de automatización comunes. De esta manera, se puede lograr una comunicación con aplicaciones de gestión empresarial que se basan en esa tecnología.

Este concepto es denominado *Transparent Factory*; la información acerca de los dispositivos basados en este concepto se recopila en [4].

Una idea similar proponen los investigadores de ABB, una compañía de ingeniería líder a nivel mundial en el uso efectivo de la energía eléctrica y en el aumento de la productividad industrial de manera sustentable [5]. ABB propone la introducción de sistemas embebidos en los dispositivos de control comunes pero sustentados en protocolos como SOAP, lo que permite establecer comunicación con los niveles superiores. Este trabajo es bastante interesante ya que proporciona a los dispositivos de fabricación inteligencia y autogestión no solo brindando interfaces de acceso sino desarrollando capacidades proactivas para la comunicación, lo que permite al dispositivo establecer la comunicación por sí solo con los sistemas de gestión dependiendo del suceso. Los principales resultados de esta investigación se consignan en [6].

En el año 2004 un grupo de investigadores de la Universidad de Patras, Grecia, propone el uso de *Web Services*, *Workflow* y *Ontologías* como medio para acceder a las funcionalidades de los dispositivos de fabricación y control, de esta manera se facilita su integración con los sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*). Esta propuesta ofrece gran flexibilidad en la cadena de producción e interoperabilidad entre los diferentes componentes de fabricación. Los principales aportes de esta investigación se resumen en [7].

Los enfoques referidos anteriormente muestran diferentes intentos por lograr una integración de los dispositivos de fabricación con los sistemas de gestión empresarial. Las tres últimas coinciden en que se centran en los elementos de más bajo nivel de la figura 1. Además, su ejecución busca la conservación de la tecnología existente en la empresa, lo que brinda grandes ventajas económicas. Sin embargo, no se define la ubicación de los dispositivos de fabricación junto con los elementos de gestión empresarial dentro del mapa general del modelo de negocios, lo cual dificulta la definición de las funciones de cada elemento y su aporte al logro de los objetivos de la empresa.

## B. SOA en la industria

SOA es un marco de trabajo para el desarrollo de software y, a su vez, uno de implementación. Para que

un proyecto SOA tenga éxito los desarrolladores de software deben orientarse a la mentalidad de crear servicios comunes, los cuales son orquestados por clientes o *middleware* para implementar los procesos de negocio. El desarrollo de sistemas usando SOA requiere un compromiso con este modelo en términos de planificación, herramientas e infraestructura [8].

El proyecto Europeo SIRENA (*Service Infrastructure for Real-time Embedded Networked Applications*) [9], se convierte en pionero en el uso del paradigma SOA en aplicaciones diferentes a las informáticas. SIRENA provee una infraestructura basada en servicios para dispositivos que trabajan en tiempo real en diferentes aplicaciones tales como la industria, el hogar y las telecomunicaciones. Con base al proyecto SIRENA se inician otros proyectos importantes como SOCRADES [10], SODA [11] y SOA4D [9]. En el primero, el objetivo es el desarrollo de una plataforma para el diseño, ejecución y administración de sistemas de automatización industrial, empleando el concepto SOA en los dispositivos de fabricación tanto en su nivel físico como en su nivel de aplicación refiriéndose al modelo OSI [12]. En SODA el objetivo principal es crear un "ecosistema" orientado a servicios que permita una comunicación de alto nivel entre dispositivos basados en SOA. Finalmente, en SOA4D (*Service-Oriented Architecture for Devices*), se propone una plataforma web para el desarrollo de componentes software orientados al servicio, por ejemplo mensajería SOAP, protocolos WS-\* y DPWS (*Devices Profile for Web Services*), pero adaptados a los requerimientos específicos de los dispositivos embebidos. Los cuatro desarrollos mencionados anteriormente fueron impulsados y ejecutados por la comunidad de investigación Europea ITEA (*Information Technology for European Advancement*) [13].

Considerando los hallazgos de SIRENA, un grupo de investigadores franceses se centran en el desarrollo de infraestructuras de comunicación basadas en SOA para procesos de manufactura, más específicamente para los elementos de fabricación, presentándolos como servicios a través del uso de dispositivos embebidos; estos dispositivos, a su vez, proveen de mayor inteligencia al elemento de fabricación y permiten una comunicación de mayor nivel entre los diferentes elementos de la empresa. Posterior a estos desarrollos se establece una propuesta para coordinar los diferentes servicios de manufactura obtenidos. Los

resultados de estas investigaciones son publicados en [14-16].

Una de las investigaciones más recientes relacionadas con la aplicación del concepto SOA en la industria se expone en [17]; en ésta se destacan las ventajas que ofrece la adopción de arquitecturas orientadas al servicio en la automatización industrial, tales como el incremento en la interoperabilidad entre componentes y la flexibilidad en las operaciones. Pero en este tipo de ambientes se requiere procesamiento de datos en tiempo real, lo que se convierte en un obstáculo para lograr un uso eficiente de estas nuevas arquitecturas en las empresas de tipo industrial. En este trabajo se propone SOAP4IPC, el cual es un motor que permite la ejecución de servicios web en tiempo real para aplicaciones relacionadas con la automatización y el control industrial; En [17] se muestra la implementación, detalles técnicos y resultados experimentales de SOAP4IPC.

La desventaja de las propuestas descritas anteriormente es su rigidez ante la tecnología en la que se basan, es decir, sólo son aptas para industrias cuya tecnología instalada coincide o es compatible con la tecnología a implementar, esto introduce limitaciones que no permiten su total desarrollo. Como un intento por resolver este inconveniente se resalta el trabajo investigativo y las importantes contribuciones teóricas que un grupo de investigación de la Universidad de Alicante en España ha realizado al respecto.

Esta investigación extiende el concepto de "Software as a Service" SaaS, bastante empleado en los modelos eBusiness y hace uso del término "Industrial Machinery as a Service" IMaaS. Una ampliación de este concepto se muestra en la siguiente sección.

### C. Maquinaria Industrial como un servicio- IMaaS.

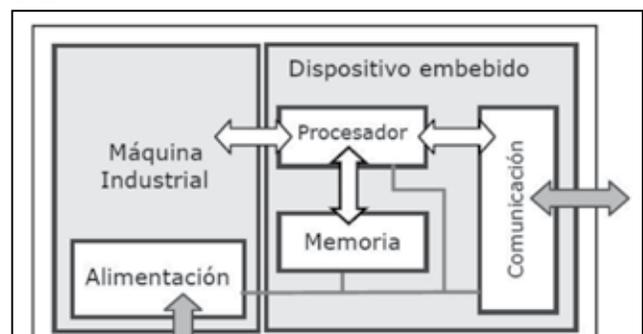
Actualmente, se lleva a cabo en la Universidad de Alicante el proyecto denominado "Normalización de la maquinaria industrial con dispositivos embebidos y SOA", el cual se basa en el concepto IMaaS. El objetivo general es obtener un patrón de diseño en el que se detallan, clasifican y organizan los servicios que la maquinaria debe poseer para facilitar su autogestión y la gestión proactiva de la lógica de negocio de la cual es responsable [17]. Este patrón también establece los servicios que permitirán a una máquina comunicarse

con otras máquinas o elementos de fabricación, así como con el resto de los procesos de negocios. Los patrones propuestos se basan en SOA y extensiones de servicios web para que la máquina pueda lograr altos niveles de autogestión y, especialmente, pueda mostrarse normalizada al resto de la organización desde el punto de vista de su funcionalidad [19]. Para lograr el objetivo general deben crearse unas condiciones tecnológicas mínimas adecuadas en los elementos de producción, que permitan eliminar las barreras físicas que impiden el que se puedan contemplar con el nivel de abstracción necesario.

El proceso de normalización se divide en dos actividades, la primera de ellas es lograr poner la maquinaria industrial y su funcionalidad al mismo nivel de abstracción que el resto de la lógica de negocio, lo que se conoce como normalizar. La segunda parte tiene por objetivo hacer que los elementos de producción normalizados se "confundan" con la lógica de negocio [20].

El objetivo de la primera actividad es caracterizar los elementos de producción desde el punto de vista de su aportación al modelo de negocios de la organización. Para alcanzar este objetivo se debe elevar el nivel de abstracción de los elementos productivos de manera que se puedan expresar los procesos de fabricación en términos de componentes SW distribuidos; esto implica en primera instancia dotar a los dispositivos de producción de capacidad de cómputo y de comunicación a través de dispositivos embebidos [21]; la estructura básica hardware del dispositivo de producción resultante se muestra en la Figura 2.

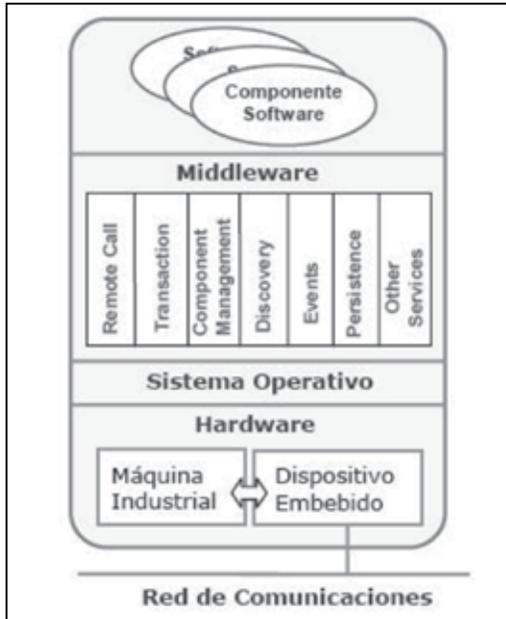
Figura. 2. Estructura hardware del dispositivo de producción [21].



Después de lograr la normalización del dispositivo de fabricación se desarrolla la segunda actividad, lo que implica la definición del contenedor SW que

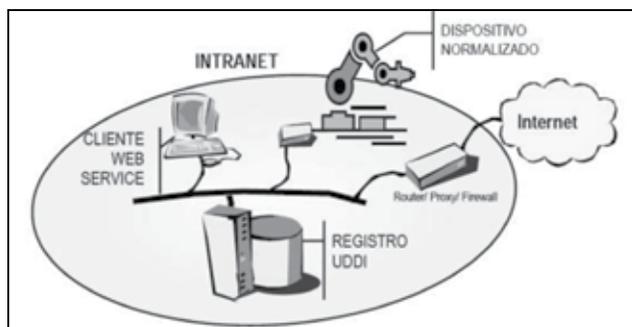
proporciona la infraestructura adecuada en términos de servicios middleware a los componentes que encapsularán la funcionalidad del dispositivo [22]. La arquitectura software resultante de los elementos de producción se muestra en la Figura 3.

Figura 3. Arquitectura software del elemento de producción [22].



La propuesta desarrollada por la Universidad de Alicante incluye la aplicación de las actividades descritas a un caso de estudio sencillo; el sistema consta de tres elementos básicos así: un brazo robótico normalizado a través de un dispositivo embebido, un ordenador cliente y un ordenador servidor. Un esquema del sistema caso de estudio se muestra en la Figura 4.

Figura. 4. Sistema caso de estudio [21].



Al normalizar el brazo robótico se transforma en un servicio web que es registrado en el servidor UDDI. Desde el ordenador cliente se accede al registro UDDI para obtener los documentos WSDL que describen el servicio y se establece una interface de usuario que

permite acceder a la funcionalidad del dispositivo industrial [21].

El dispositivo robótico es un brazo de manipulación de objetos con 4 grados de libertad. Se encuentra ubicado sobre un par de rieles que le permite un desplazamiento horizontal de máximo dos metros. Permite la comunicación para su manipulación a través de un puerto serial RS-232 de 32 pines. Mediante secuencias de comandos ASCII permite establecer: el motor de la articulación que se desea mover, el ángulo y velocidad de desplazamiento, el ángulo de apertura de la pinza y el retorno a la posición inicial. Por su parte, el dispositivo embebido está dotado de un conector RJ45 hembra, el cual le permite establecer una conexión Ethernet y posee una interface serie con soporte RS-422 y RS-485 [22].

### 3. Aportaciones al Semillero de Investigación

El programa de Ingeniería Mecatrónica de la Corporación Universitaria Comfacaucua tiene a su cargo la dirección del Semillero de Investigación en Mecatrónica, donde uno de sus énfasis es la Integración Empresarial. Actualmente, dentro del semillero se llevan a cabo investigaciones enmarcadas dentro la integración empresarial enfocada específicamente en el sector industrial; las investigaciones presentadas en este artículo muestran a SOA como una herramienta eficiente para facilitar el proceso de integración en organizaciones de este tipo y compite con gran éxito frente a herramientas tradicionales como las normas ISA 95 y 88 y las redes industriales.

Los proyectos expuestos dan una visión diferente de los dispositivos de fabricación al identificarlos como servicios, dando la posibilidad de ponerlos al mismo nivel de los elementos relacionados con la logística empresarial. De igual manera, se facilita la definición de las funciones de cada elemento de fabricación y su aporte al logro de los objetivos de la empresa. Cabe aclarar, que en ninguno de los modelos empleados actualmente, para el desarrollo de una integración empresarial, se tiene en cuenta cómo cada una de las operaciones realizadas por los elementos de fabricación aporta al modelo general de la empresa industrial, convirtiéndose este aspecto en el principal aporte a las investigaciones del semillero.

De otro lado, a través del estudio de la propuesta basada en el concepto IMaaS, se contempla la posibilidad de complementar la metodología desarrollada para normalizar maquinaria industrial empleando SOA con modelos tradicionales como el "Modelo de flujo de datos funcional" propuesto por la norma ISA 95. De esta manera, se podrían reconocer los diferentes flujos de información de cada uno de los elementos que hacen parte del negocio, incluyendo los dispositivos de fabricación. Con estos resultados se podría llegar a obtener una metodología sistemática, integral y fácil de implementar para la gestión de proyectos de automatización industrial basada en integración empresarial.

#### **4. Conclusiones**

Este documento presentó un resumen de varias investigaciones encaminadas al logro de la integración de los dispositivos de fabricación con los elementos relacionados con la lógica empresarial, algunos de ellos hacen uso de un concepto reciente denominado SOA, empleado generalmente en aplicaciones informáticas.

La propuesta más interesante fue ampliada y se introdujo el concepto de Maquinaria Industrial como Servicio IMaaS, dicha propuesta está encaminada a integrar conceptualmente los elementos de producción dentro del modelo global de negocio utilizando el paradigma SOA, con el fin de eliminar la tradicional dependencia de sus características físicas y operativas.

El método propuesto gira alrededor del concepto de normalización, con el que se pretende caracterizar los elementos de producción desde el punto de vista de su aporte al modelo de negocio. La realización de esta propuesta se ve beneficiada por el estado actual de los dispositivos embebidos, los cuales permiten incorporar a la maquinaria industrial el hardware computacional, protocolos de comunicación, las capas de servicios e inteligencia necesaria.

Estos relevantes aportes teóricos pretenden ser utilizados en las investigaciones que se llevan a cabo actualmente en el Semillero de Investigación de Mecatrónica de la Corporación Universitaria Comfacaucá.

#### **Agradecimientos**

Este documento fue realizado gracias a la valiosa información proporcionada por los profesores Luis Felipe Herrera y Virgilio Gilart, parte del equipo de la Universidad de Alicante; además de los aportes teóricos realizados por el profesor Juan Carlos Corrales, parte del equipo de la Universidad del Cauca.

#### **Referencias**

- [1] Vento, J. Técnicas emergentes para la automatización integrada de procesos industriales. Reporte técnico # 3, Mérida, 2006.
- [2] Rojas, O. Estándares ISA S88 y S95. VI Semana Académica de Ingeniería de Control, Universidad Nacional de Medellín, Colombia, 2007.
- [3] Moreno, R.P. "Ingeniería de la automatización Industrial". Ra-Ma, Madrid, 2004.
- [4] "Transparent factory". Manual de usuario y planificación. Disponible en: <http://www.modicon.com>.
- [5] "ABB group". Disponible en: <http://www.ar.abb.com>.
- [6] Topp, U. and Muller, P. "Web based service for embedded devices". International workshop on web services, 2004.
- [7] Kalogeras, A et al. "Vertical integration of enterprise industrial systems utilizing web services". Industrial Systems Institute, University of Patras, 2004.
- [8] Sánchez, M. "Cambio de paradigma en el marco de trabajo conceptual en las Organizaciones". Sociedad de la información, Universidad Iberoamericana, 2009.
- [9] "The SIRENA project". Disponible en: <http://www.sirena-itea.org>.
- [10] "The SOCRADES project". Disponible en: <http://www.socrades.eu>.
- [11] "The SODA project". Disponible en: <http://www.soda-itea.org>.
- [12] Zimmermann, H. "OSI reference model- The ISO model of architecture for Open Systems Interconnection". IEEE transactions on communications, 1980.

- [13] "ITEA Group". Disponible en: <http://www.itea.org>.
- [14] James, F. and Smit, H. "Service-oriented architectures for devices – the SIRENA view". International conference on industrial informatics, 2005.
- [15] James, F. and Smit, H. "Service-oriented paradigms on industrial automation". IEEE transactions on industrial informatics, 2005.
- [16] James, F. and Smit, H. "Orchstration of services- Oriented Manufacturing processes". International conference on emerging technologies and factory automation, Italy, 2005.
- [17] Mathes, M. et al. "SOAP4IPC: A Real-Time SOAP Engine for Industrial Automation". Parallel, Distributed, and Network-Based Processing, Euromicro Conference, 2009.
- [18] Herrera, L. "Plataforma para la gestión inteligente de la Maquinaria Industrial basada en arquitecturas orientadas a servicios". Departamento de Tecnología Informática y Computación, Universidad de Alicante, 2009.
- [19] Gil, J. "Provisión de Servicios de Red mediante Dispositivos Empotrados. Aplicación al inicio remoto de equipos a través de Internet". Departamento de Tecnología Informática y Computación, Universidad de Alicante, 2008.
- [20] Gilart, V y Macia, F. "Integración de los elementos de producción dentro del modelo de negocio electrónico como servicios de fabricación". Departamento de tecnología informática y computación, Universidad de Alicante, 2007.
- [21] Gilart, V y Macia, F. "Service model for the management of industrial enviroments. Dynamic reconfiguration of production elements". Departamento de tecnología informática y computación, Universidad de Alicante, 2007.
- [22] Gilart, V y Macia, F. "Industrial Machines as a Service: Modelling industrial machinery process". Departamento de tecnología informática y computación, Universidad de Alicante, 2007.
- [23] Gilart, V y Macia, F. "Alta disponibilidad para componentes de fabricación". IEEE conference on Industrial informatic, Singapore, 2006.