

Capítulo 6

Proyecto de Investigación

La labor de un Profesor Titular de Universidad no se centra exclusivamente en las labores docentes. La capacidad investigadora hacen de ésta otra de las tareas a desarrollar, lo que supone un complemento ideal a la formación del profesor y redundará sin duda en la calidad de la labor docente desarrollada. El desarrollo de programas de investigación es consustancial a la naturaleza y fines de la Universidad como institución. Tanto la Ley de Reforma Universitaria como la actual Ley Orgánica de Universidades establecen que los Departamentos son los órganos básicos encargados de organizar y desarrollar la investigación propia de sus áreas de conocimiento. En consecuencia, la existencia y desarrollo de este tipo de programas por parte de los Departamentos constituye una necesidad ineludible. A fin de mejorar los resultados y calidad de la actividad investigadora desarrollada, el programa de investigación ha de estructurarse en líneas de investigación. De esta forma se consigue, por una parte, que no se produzca una dispersión en los objetivos favoreciendo la eficacia de la labor investigadora y, por otra parte, una organización efectiva y operativa de los recursos humanos y materiales disponibles. A continuación se proponen dos Proyectos de Investigación que pueden enmarcarse en las líneas de “Aplicaciones web para Comercio Electrónico” y “Reutilización del Software” que se desarrollan actualmente en el Departamento de Informática y Automática en la Universidad de Salamanca.

6.1 Introducción

El desarrollo de programas de investigación es consustancial a la naturaleza y fines de la Universidad como institución. La Ley de Reforma Universitaria [BOE, 1983] establece en su Artículo octavo que los Departamentos son los órganos básicos encargados de organizar y desarrollar la investigación propia de sus Áreas de Conocimiento. En consecuencia, la existencia y desarrollo de este tipo de programas por parte de los Departamentos constituye una necesidad ineludible.

En el Artículo 108 del Capítulo III de los Estatutos de la Universidad de Salamanca [USAL, 1997] se dice: “*La Universidad de Salamanca promoverá, como uno de los objetivos esenciales de su actividad, la formación de investigadores y el fomento y coordinación de la investigación científica y técnica. La investigación se configura como fundamento de la docencia y como medio para el desarrollo científico y cultural de la sociedad*”.

Actualmente, nadie pone en duda que la investigación es una tarea imprescindible para que una sociedad progrese, ya que, como consecuencia de ella, se innovan los sistemas industriales y culturales, se generan nuevos productos y se alcanza la independencia tecnológica. De aquí que las administraciones, castellano-leonesa, española y comunitaria, se ocupen de la investigación, cada una en su propio ámbito. Para ello actúan de dos formas principales:

- Organizando un Sistema de Investigación.
- Promoviendo líneas de actuación concretas, fundamentalmente mediante su financiación.

Una de las características más relevantes de la organización de la investigación es que ésta no es una tarea exclusiva de ningún sector o institución en particular. Por el contrario, involucra a múltiples sectores, públicos y privados, regionales, nacionales e internacionales. Una visión simplificada de estas relaciones se da en la Figura 6.1.

La Administración actúa junto con los sectores empresarial e industrial, los organismos públicos de investigación y los sistemas económico y científico internacionales. Cada uno de estos sectores interacciona con los demás poniendo de manifiesto las profundas relaciones existentes entre los conocimientos, su aplicación práctica y la sociedad.



Figura 6.1. Sectores que intervienen en la investigación

Un Proyecto de Investigación debe reflejar las áreas de trabajo en curso y las propuestas de trabajo futuro, pero es difícil exponer las áreas de trabajo sin explicar el porqué y el cómo llegaron a surgir. Un Proyecto de Investigación está siempre estrechamente ligado al currículo de quien lo realiza, pues es el camino recorrido el que mejor puede explicar las propuestas sobre caminos futuros.

Para que la investigación resulte eficaz, es necesario fijar unas directrices o líneas de investigación que encaucen el trabajo, aúnen esfuerzos y eviten la dispersión de objetivos. Sin menosprecio del trabajo personal, se tiene la creencia de que la presencia de grupos de trabajo con líneas de investigación definidas es la mejor manera de afrontar la investigación.

La tarea investigadora, y por lo tanto un programa de investigación, ha de contemplar los siguientes aspectos:

- La delimitación del área de investigación con una clara identificación de los objetivos perseguidos y las tareas a realizar por el equipo investigador involucrado.
- La formación de nuevos investigadores tanto para la propia Universidad como para la sociedad. Esto se consigue fomentando la inquietud investigadora de los alumnos mediante su participación en proyectos de investigación.
- El desarrollo de la investigación mediante la colaboración con empresas para conocer y solucionar problemas concretos, así como para favorecer los procesos de transferencia tecnológica.

La delimitación del área de investigación se realiza mediante la enumeración de los objetivos generales que pretenden conseguirse y los beneficios que el logro de los mismos supone. Esta formulación ha de completarse con el establecimiento de una metodología y plan

de trabajo que permita la consecución de los objetivos planteados. La metodología utilizada y aquí propuesta, implica la división en actividades asignadas a los miembros del grupo de investigación, con la previsión de determinados plazos de ejecución. La coordinación general se realiza por parte del responsable del proyecto a través de reuniones periódicas, semanales siempre que esto sea posible, de puesta en común. Las actividades se agrupan en tareas y módulos. Para cada módulo, además de un nombre identificativo, se especifican la duración prevista, una descripción general de la actividad a desarrollar y los resultados esperados. La descomposición en tareas del módulo establece el plan de trabajo detallado previsto. Para cada tarea, además de un nombre y código identificativo, se especifica la fecha de inicio y finalización previstas, el responsable de la tarea, las entradas o tareas que han de precederla, una breve descripción de las actividades a desarrollar y la relación de participantes en la misma.

La formación de nuevos investigadores está principalmente ligada a la realización de tesis doctorales. Esto implica que un programa de investigación ha de incluir el programa del curso o cursos de doctorado relacionados con la materia de investigación. Esto permite una rápida integración en el equipo de investigación de aquellos alumnos de doctorado que decidan realizar una tesis doctoral en el marco de la línea de investigación en la que se ubica este programa de investigación. En este apartado, además del programa de doctorado, hay que considerar la realización de los proyectos fin de carrera. Éstos permiten la participación de los alumnos en las labores de investigación, lo que les proporciona una formación científico-técnica complementaria muy interesante y descarga de cierto tipo de tareas al equipo investigador.

En esta memoria se proponen dos proyectos de investigación concretos, uno de los cuales enlaza directamente con las líneas de investigación existentes en el Departamento al que temporalmente está asignada la plaza a la que se concursa, mientras que otro amplía dichas líneas hacia los sistemas de comercio electrónico en el contexto de la web. Ya se ha trabajado en temas afines durante los últimos años y se cree que se pueden llevar a cabo con los medios humanos y materiales de que se dispone.

El resto del capítulo se organiza como sigue: a continuación, tras un breve comentario acerca de la Universidad y la Investigación, se presenta la trayectoria investigadora del candidato. Posteriormente se presentan los dos proyectos de investigación propuestos por el candidato.

6.2 La Universidad y la Investigación

La Universidad es parte esencial en todo sistema de investigación. En el esquema de organización (Figura 6.1), las Universidades nacionales están presentes en los organismos

públicos de investigación, constituyendo su cuerpo básico junto con el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), mientras que las Universidades extranjeras se incluyen en el sistema científico internacional. En lo que sigue se adopta la óptica universitaria de nuestro país al tratar la investigación.

La ordenación legal de la Universidad Española expresa claramente la importancia de la investigación en su seno. Así, la LRU [BOE, 1983] expresaba en su Artículo 1 que la investigación es uno de los medios fundamentales para realizar la educación superior, mientras que la actual LOU [BOCG, 2001] literalmente dice en su Artículo 39: *“La investigación, fundamento de la docencia, medio para el progreso de la comunidad y soporte de la transferencia social del conocimiento, constituye una función esencial de las Universidades”*.

Esto es, la actual investigación universitaria tiene objetivos sociales, involucrándose con el entorno exterior, lo que le permite estar integrada en una organización como la de la Figura 6.1. De esta forma se supera la visión individualizada clásica del investigador que investiga sin mirar a su alrededor. Por otra parte, la investigación se rige en términos de autonomía universitaria en cuanto a la selección, formación y promoción del personal investigador, en la elaboración de planes de investigación y en la creación de estructuras que la soporten.

La investigación se convierte así en una función básica de la Universidad, junto con la docencia y la potenciación del desarrollo cultural, económico y social en su área de influencia.

De estas funciones, la docencia es la que hoy en día justifica, casi en su totalidad, la existencia de la Universidad en la sociedad española. Sin embargo, la investigación va impregnando cada vez más rápido el mundo universitario y haciendo que el personal universitario dedique más y más tiempo al desarrollo de la investigación.

Este no es el momento de analizar el porqué de esta situación. Simplemente remarcar que la docencia es una actividad fundamental para el profesor, pues le obliga a un esfuerzo de recopilación y síntesis de un área del saber y a una mejora de su capacidad de comunicación, que se refleja en una mejor capacitación para el desarrollo de su labor investigadora.

Sin embargo, en el ámbito de unos estudios universitarios la docencia no puede encerrarse en sí misma, pues terminaría aislándose de la realidad exterior y quedándose obsoleta en sus contenidos. Esto es particularmente cierto en aquellas áreas de conocimiento que están en rápida expansión, donde sólo mantenerse informado de sus continuos avances es una tarea ardua.

Es aquí donde la investigación encuentra su plena justificación en el marco de la Universidad. La investigación proporciona un medio continuo de renovación y ampliación de conocimientos. Esto repercutirá no sólo en el grupo investigador, sino que a través de la

docencia encontrará un cauce idóneo para la difusión de los resultados obtenidos. La investigación enriquece la actividad docente y la convierte en algo vivo, en constante evolución.

Los cursos de doctorado, por ejemplo, son un excelente punto de encuentro entre la docencia y la investigación. En estos cursos se debería enseñar a investigar e iniciar algunos caminos concretos. Al profesor le deben suponer siempre un esfuerzo de actualización y formación continua y, en muchos casos, también una labor de síntesis de los logros propios y ajenos.

La investigación requiere equipos humanos con elevada preparación científica, y la Universidad es una fuente inagotable de recursos humanos con capacidad investigadora. Esto evidencia que la docencia y la investigación sean tareas íntimamente ligadas y que difícilmente se justifican la una sin la otra dentro del marco de la Universidad.

La otra función que se le debe atribuir a la Universidad es la de potenciar el desarrollo de la sociedad. La Universidad no puede ser un ente aislado, cuya única relación con el exterior sea el continuo flujo de alumnos que pasan por sus aulas. Su labor ha de repercutir en el resto de la sociedad, que la soporta y mantiene. Esto debe reflejarse en, al menos, dos aspectos: selección de las líneas prioritarias de investigación y difusión de resultados.

La sociedad debe de fijar los objetivos prioritarios de la comunidad investigadora. La investigación, en general, sólo es posible si está sustentada por la investigación básica, cuyos resultados prácticos no son tangibles a corto plazo, pero que sienta los fundamentos de lo que en el futuro será investigación aplicada. Por tanto, el sistema de financiación público debe de garantizar la investigación en aquellos campos que, por su naturaleza más teórica, no puedan encontrar otras vías de financiación.

Por otra parte, es obligación de la Universidad el conseguir la adecuada difusión de su labor investigadora. Ésta se llevará a cabo mediante actividades como realización de proyectos conjuntos con la empresa, realización de ensayos de laboratorio, asesoramiento técnico, preparación de cursos y formación de personal.

Con este planteamiento, la Universidad y sus profesores están en condiciones de desarrollar una investigación moderna, internacionalmente competitiva y socialmente útil. Sin embargo, la realización práctica de esta actividad no está exenta de problemas, entre los que destacan:

- El exceso de carga docente.
- La abundante carga de gestión, tanto en lo que se refiere a la administración normal del Departamento como en la de los proyectos de investigación.
- La falta de uniformidad en la concepción de los equipos de investigación.

6.2.1 La investigación en grupo

En contraposición con la anticuada visión del investigador individual aislado, el grupo de investigación es la unidad básica para realizar investigación moderna y competitiva. Sin embargo, no hay que olvidar que el grupo reúne a un conjunto de personas, cada una con su formación, inclinación e intereses particulares. Una adecuada organización del grupo de investigación debe dar respuesta a esta doble realidad. Por un lado, tiene que constituir un equipo de trabajo donde todos colaboran en alcanzar objetivos comunes. Por otro lado, tiene que integrar a las distintas personas que lo componen, con sus peculiaridades concretas. El grupo debe, entonces, configurarse con una determinada organización jerárquica donde se recojan los distintos niveles de madurez de sus miembros, de los cuales surge naturalmente un director de grupo como el investigador con autoridad más reconocida.

Con el fin de evitar tensiones y agravios comparativos, que sólo perjudican la buena marcha del grupo, hay que dedicar el esfuerzo necesario para ordenar adecuadamente la promoción de los distintos investigadores. Distintos factores deben ser considerados para esa ordenación, entre los que cabe destacar: el respeto a las iniciativas personales, el estímulo de la transparencia entre los integrantes del grupo, la consideración de la antigüedad (como un elemento diferenciador más, pero nunca como el único argumento a utilizar) y, sobre todo, una equitativa distribución de las actividades cuyos criterios principales sean equilibrar las cargas docentes e investigadoras, atender a la formación e intereses de cada uno, y posibilitar la publicación de los trabajos.

Este último aspecto, la publicación de resultados es una de las obligaciones del investigador: dar a conocer a la comunidad internacional los resultados de interés que se hayan obtenido. Por esto, se ha de dedicar esfuerzo a la publicación de los resultados obtenidos, sean parciales o totales. Además, las publicaciones tienen un interés particular para el investigador, en tanto que sirven para calificar su labor académica (útil, pues, en la promoción profesional) y en tanto que es una de las formas usuales de evaluar los proyectos de investigación y, en consecuencia, de justificar la concesión de subvenciones a los mismos.

6.2.2 La materia a investigar

La materia a investigar es otro de los aspectos básicos en un proyecto de investigación. Una primera consideración de carácter fundamental es si debe enfocarse hacia la generalización o hacia la especialización. La primera orientación aventaja a la segunda en cuanto a la mayor consecución de valores formativos y a proporcionar un individuo más completo. En

contrapartida ofrece una aportación menor al progreso social, una mayor dificultad de aplicación práctica y unos resultados menos competitivos. Así, parece claro que tanto en la Ingeniería del Software como, en general, en todos los campos científicos y técnicos, actualmente hay que dirigir la investigación hacia la especialización.

La segunda consideración consiste en dilucidar sobre la conveniencia de la investigación básica o aplicada. El objetivo de la investigación básica es el incremento del conocimiento científico en general. Sus resultados característicos son el descubrimiento de nuevas teorías y regularidades legales, así como la explicación o predicción de fenómenos de una cierta clase. La investigación estratégica es investigación básica orientada a un determinado ámbito de la realidad, en el que se espera obtener conocimientos científicos nuevos que potencialmente sean interesantes para posibles aplicaciones tecnológicas.

El objetivo de la investigación aplicada es utilizar el método científico para incrementar el conocimiento de las propiedades y el comportamiento de sistemas concretos. La investigación aplicada se considera por definición orientada a objetivos específicos. Pero éstos pueden ser de dos tipos: objetivos de interés estrictamente científico y objetivos de interés tecnológico. En el primer caso se habla de investigación científica aplicada. En el segundo se suele hablar de investigación tecnológica. La diferencia estriba en los criterios de valoración de los resultados que en uno y otro caso se utilizan. En el primer caso lo que interesa es obtener conocimiento verdadero acerca de la realidad estudiada. En el segundo, conocimiento útil con vistas a la resolución de problemas prácticos, es decir, al diseño de sistemas tecnológicos.

Los límites entre investigación científica aplicada e investigación tecnológica son difusos. La razón es que el conocimiento científico de las propiedades de sistemas concretos puede ser por sí mismo útil para posibles desarrollos tecnológicos. Y a la inversa: los resultados obtenidos investigando sobre propiedades de sistemas artificiales pueden tener un valor científico intrínseco.

Por último, se va a delimitar más específicamente la materia objeto de investigación en este caso particular. Como ocurre con un Proyecto Docente, la concreción de la materia se va haciendo en pequeños pasos, desde lo más general, tratado aquí, hasta lo más específico, la descripción de los proyectos de investigación concretos. Siguiendo la metodología propuesta en [Tucker et al., 1990], es importante destacar la necesidad de contar con la fuerza científica de quienes realizarán la investigación y con las restricciones locales existentes donde se han de realizar esas actividades. En el contexto de este Proyecto Investigador se entiende como fuerza científica la experiencia, destreza e intereses de los investigadores y como restricciones locales

las derivadas del área de conocimiento de la plaza objeto de esta convocatoria y las procedentes del contexto universitario concreto donde se desarrollará la investigación.

6.2.3 La financiación

La actividad investigadora tiene asociados diversos costes sin los que es imposible realizarla. Su financiación es, por tanto, uno de los aspectos básicos a tener en cuenta. Las principales cuestiones cuyo coste económico debe ser atendido durante la investigación son:

- La adquisición de material inventariable. En éste se incluyen los equipos necesarios para la ejecución de la investigación y la bibliografía que suministra las fuentes de conocimiento para ella.
- La compra de material fungible, que abarca a los componentes de laboratorio, material de oficina, productos informáticos, documentación no inventariable, fotocopias...
- El pago de viajes y dietas que lleva consigo tanto la gestión de la investigación como algunas actividades asociadas, como la asistencia a congresos y cursos o las estancias en otros centros.
- Las remuneraciones personales. En ellas se incluyen, por una parte, el pago de personal contratado específicamente para la ejecución de un proyecto concreto (investigadores, técnicos y administrativos), y por otra, las remuneraciones adicionales del profesorado universitario participante, que la legislación actual permite.
- Otros gastos, entre los que cabe destacar dos cuya financiación, en la actualidad, no está satisfactoriamente resuelta a escala institucional: son los costes de amortización y de mantenimiento de los equipos utilizados.

Para afrontar estos gastos existen varias fuentes de financiación, que pueden agruparse de la siguiente forma:

- Aportaciones institucionales de carácter general. Fondos presupuestarios que las distintas instituciones (Universidad de Salamanca y Junta de Castilla y León, entre otras) asocian a la investigación sin que estén involucrados forzosamente a un proyecto de investigación concreto. Se trata de los fondos asignados a grupos o Departamentos, becas de formación del personal investigador, dedicados a actividades específicas (tales como la organización de congresos o la asistencia a

ellos)... En general, la cuantía económica de estas aportaciones es claramente insuficiente para mantener activo un campo de investigación en el caso de Departamentos Universitarios.

- Proyectos con organismos oficiales, como los del Plan Nacional de I+D. Estos proyectos, cuya duración usual es de dos o tres años, proporcionan una financiación suficiente y permiten una cierta planificación a medio plazo. Permiten financiar prácticamente todos los gastos salvo la remuneración personal.
- Proyectos con empresas. En general no financian dotaciones para material inventariable pero sí admiten las remuneraciones personales. En estos proyectos es posible becar/contratar alumnos en prácticas lo que supone un beneficio múltiple (al alumno, al grupo y a la empresa).

Una financiación muy adecuada para un grupo de investigación consolidado correspondería a un modo mixto de recibir fondos. Así, junto a proyectos específicos, debería disponer de un presupuesto consolidado de aportaciones institucionales.

6.2.4 La evaluación

El último aspecto básico que se discute es el de la evaluación de los proyectos de investigación. La actividad de evaluación fundamentalmente se centra en el comienzo y en el final del proyecto, evaluación previa y posterior, respectivamente. Los agentes evaluadores, obviamente, no participarán en el proyecto.

La evaluación previa suele basarse en dos criterios principales. Por un lado, la adecuación o idoneidad del proyecto a los propósitos del organismo financiador (sea público o privado). Por otro lado, la factibilidad de lo que se pretende obtener con el proyecto. Junto a estos criterios suelen considerarse otros como la probabilidad de revertir o transferir los beneficios resultantes, la ajustada financiación, la participación y coordinación de grupos..., incluyendo el valor curricular de los participantes.

La evaluación posterior se realiza sobre los resultados obtenidos en el proyecto. Éstos suelen consistir en informes y demostraciones. Generalmente los valores que se miden son la adecuación y grado de consecución de los resultados respecto a los objetivos planteados y el impacto de esos resultados, que típicamente se evalúa en función de la eficiencia del producto generado en proyectos de investigación aplicada y de las publicaciones y grados académicos generados (tesis doctorales, artículos, ponencias...) en los proyectos de investigación básica.

6.3 Trayectoria investigadora del candidato

La actividad universitaria de este candidato se inició en el mes de diciembre de 1995 en la Escuela Universitaria Politécnica de la Universidad de Burgos.

No obstante, la actividad investigadora propiamente dicha comienza en noviembre de 1996 cuando el candidato entra a formar parte del grupo de investigación GIRO (Grupo de Investigación en Reutilización y Orientación a Objetos) del Departamento de Informática de la Universidad de Valladolid, de reciente creación, dirigido por el Dr. D. José Manuel Marqués Corral.

La vinculación al grupo GIRO ha marcado, y sigue marcando, una de las principales líneas de investigación del candidato: la reutilización, y más concretamente, la reutilización sistemática del software soportada por el paradigma de la orientación al objeto. Esta línea de investigación está completamente vinculada a la disciplina de Ingeniería del Software.

La actividad investigadora del candidato en el seno del grupo GIRO hasta la actualidad se puede dividir en dos etapas, las cuales están marcadas por sendos proyectos CICYT: los proyectos MENHIR y DOLMEN.

El proyecto MENHIR (Modelos, Entornos y Nuevas Herramientas para la Ingeniería de Requisitos) [MENHIR, 1998] - agosto de 1997 a julio de 2000 - fue un proyecto coordinado y financiado por la CICYT (TIC97-0593-C05-01), en el que participaron grupos de investigación de seis Universidades españolas (Politécnica de Valencia, Murcia, Sevilla, Granada, Castilla-La Mancha y Valladolid), coordinadas por el Dr. D. Isidro Ramos Salavert, Catedrático del Área de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la Universidad Politécnica de València.

Dentro de este proyecto el grupo GIRO participaba con el subproyecto: *Definición y diseño de "mecanos" reutilizables como soporte a la construcción rápida de aplicaciones*, siendo el investigador principal el Dr. D. José Manuel Marqués Corral.

El proyecto MENHIR supone para el candidato la entrada en el mundo de la investigación universitaria y el contexto en el que realizar su tesis doctoral, por título *Modelo de reutilización soportado por estructuras complejas de reutilización denominadas mecanos* [García, 2000b], siendo ésta uno de los principales soportes a los resultados obtenidos por el grupo dentro del proyecto coordinado.

El proyecto DOLMEN (Objetos Distribuidos, Lenguajes, Modelos y Entornos) - diciembre de 2000 a noviembre de 2003 - supone la continuación del proyecto MENHIR, siendo de nuevo un proyecto coordinado y financiado por la CICYT (TIC2000-1673-C06-01), en el que participan los mismos grupos y de nuevo coordinados por el Dr. D. Isidro Ramos Salavert.

En este proyecto el grupo GIRO participa con el subproyecto: *Aplicaciones del Modelo Mecano a la Ingeniería del Software basada en reutilización*, siendo el investigador principal el Dr. D. Miguel Ángel Laguna Serrano, del Departamento de Informática de la Universidad de Valladolid.

Con la incorporación del candidato al Departamento de Informática y Automática de la Universidad de Salamanca en octubre de 1998, se provoca la introducción de la reutilización sistemática del software en las líneas de investigación del Departamento, enunciada como *Ingeniería de Software basada en componentes: aspectos de reusabilidad, arquitectura multinivel, integración de métricas*, en la memoria de actividades del Departamento [DPTOIA, 2001].

El enfoque de reutilización que se aplica es el de las líneas de productos, y se hace en colaboración con el grupo de Robótica de este Departamento, que está interesado en la línea de investigación *Diseño de software para sistemas de fabricación flexible* [DPTOIA, 2001]. Fruto de esta colaboración se enuncia uno de los proyectos de investigación que se describen en esta memoria, y además se ha participado en los siguientes Contratos Artículo 11 LRU:

- Desarrollo de una aplicación informática para la monitorización remota (financiado por INPORCASA) – (2000-2001).
- Software de control y comunicaciones en tiempo real del equipo de inspección de contornos de conjuntos combustibles según especificación ESP-EQ-EC001 (financiado por ENUSA Industrias Avanzadas S.A) – (2001-2002).
- Software de monitorización y supervisión de salas de climatización (financiado por INPORCASA) – (2001-2002).

Por otro lado, con la llegada del candidato a este Departamento comienza la colaboración con el Unidad de Investigación del Instituto Universitario de Ciencias de la Educación –IUCE – (Grupo Canalejas) de la Universidad de Salamanca. Como resultado de esta colaboración el candidato abre otra línea de investigación que tiene como descriptor genérico *Informática educativa*.

Dentro de esta línea de trabajo el candidato ha participado en tres proyectos de investigación financiados por la Junta de Castilla y León:

- Guía Multimedia del Lenguaje Java (1998-1999).
- Componentes pedagógicos de educación superior en un espacio virtual (1999).

- Elaboración de un software educativo para la enseñanza de la ortografía (2001-2002).

Y, además, el candidato ha sido el investigador principal en otros cuatro proyectos de investigación financiados por la Junta de Castilla y León:

- Herramienta de Autor para el Desarrollo de Material Didáctico Multimedia (2001) [García, 2002].
- Docencia práctica en los laboratorios de las ingenierías en informática apoyada en herramientas CASE (2001) [García, 2001].
- Plataforma de trabajo cooperativo entre profesores de primaria y secundaria para la creación de recursos educativos en Red: Actividades de pensamiento complejo y creación de hipertextos multimedia (2002-2004).
- Desarrollo de una plataforma CASE basada en componentes para la docencia de Ingeniería del Software (2002-2003).

Uno de los puntos clave de la informática educativa lo forman los sistemas web, que se relacionan con la Ingeniería del Software a través de los aspectos de Interacción Persona-Ordenador [Lores, 2001] y de lo que ha dado en llamarse ingeniería web o *web engineering* [Ginige y Murugesan, 2001]. Gracias a la experiencia en el desarrollo de estos sistemas software, el candidato ha iniciado recientemente otra nueva línea de investigación que se puede resumir bajo el epígrafe de *Comercio Electrónico e Ingeniería Web*.

En relación con esta última línea de investigación, y debido a su reciente inicio, no se tienen resultados en forma de proyectos de investigación, aunque se han dirigido diversos proyectos fin de carrera y, actualmente, se están dirigiendo nuevos proyectos fin de carrera, trabajos de doctorado, trabajos de grado y una tesis doctoral.

Además, relacionado con esta última línea de investigación se realizará una propuesta de proyecto de investigación dentro de esta memoria, lo que plasma el compromiso del candidato con esta línea de investigación, que aparecerá como tal dentro de la Memoria de Actividades del Departamento de Informática y Automática correspondiente al año 2002. También cabe destacar la estrecha vinculación de los sistemas de comercio electrónico con otra de las líneas de investigación de este Departamento, *Sistemas de Agentes y Multiagentes*.

Como resumen de la trayectoria investigadora del candidato, se puede decir que ha estado marcada por la interacción con los diferentes grupos con los que se ha tenido relación (y aún se mantiene esta relación con todos ellos), distinguiéndose claramente tres líneas de investigación:

- *Reutilización sistemática del software.*
- *Comercio Electrónico e Ingeniería Web.*
- *Informática educativa.*

De estas tres líneas de investigación se van a presentar propuestas concretas de proyectos de investigación para las dos primeras.

6.4 Propuesta 1: e-CoUSAL – Una plataforma intermediaria de comercio electrónico para PYMES

El rápido crecimiento de Internet está estimulando un número creciente de negocios que tienen como campo de desarrollo la propia Red, entrando a formar parte de un sector en continuo auge, lleno de beneficios potenciales [Malone et al., 1987; Slonim y Bennet, 1996], aunque tampoco exento de problemas y polémicas, como es el del comercio electrónico.

Una de las principales características del comercio electrónico es que las empresas que deseen participar de esta modalidad de negocio deben entrar en una dinámica tecnológica alta para aumentar así su competitividad.

La incorporación de la empresa al comercio virtual supone una decisión estratégica no exenta de costes considerables y de riesgos que, en muchos casos, se erigen como una barrera insalvable impidiendo que la empresa pueda integrarse en un entorno que ayudaría a mejorar su capacidad competitiva de forma importante.

Cuanto más pequeño es el tamaño de la empresa más sufre estas barreras, obteniéndose así la ausencia generalizada de las PYMES en el comercio electrónico.

Con esta propuesta se pretende definir e implementar un modelo de comercio electrónico en el que se mezclan las características B2B (*Business to Business*) y las características B2C (*Business to Client*) de forma que la pequeña empresa tenga un fácil acceso al comercio electrónico.

Para conseguirlo se introducen dos conceptos clave en el modelo, una herramienta de autor y un sitio web intermediario entre el cliente final y las empresas que pretender vender.

La herramienta posibilita a la empresa crear y mantener sus contenidos, reduciendo así los costes de producción de contenidos, típicamente delegados a una tercera empresa, lo que era una fuente de problemas además de una fuente de gastos, especialmente si los contenidos representaban información muy volátil. Además, gracias a esta herramienta la PYME se

convierte en un elemento activo dentro de este modelo de negocio virtual, lo que enriquece más su participación y estrategia en su aventura digital.

El sitio web intermediario tiene dos objetivos fundamentales: almacenar y gestionar los catálogos de las empresas que desean vender sus productos en la Red, a la vez que sirve de escaparate de los productos para los clientes. Además, se puede convertir en una especie de centro comercial virtual especializado donde empresas de un mismo sector compitan y ofrezcan los productos a los clientes interesados, que utilizarán la interfaz del mediador como portal para llegar a los suministradores.

En la Figura 6.2 se presenta el esquema general del modelo que se persigue conseguir, en el que se presentan los principales agentes involucrados y sus relaciones.

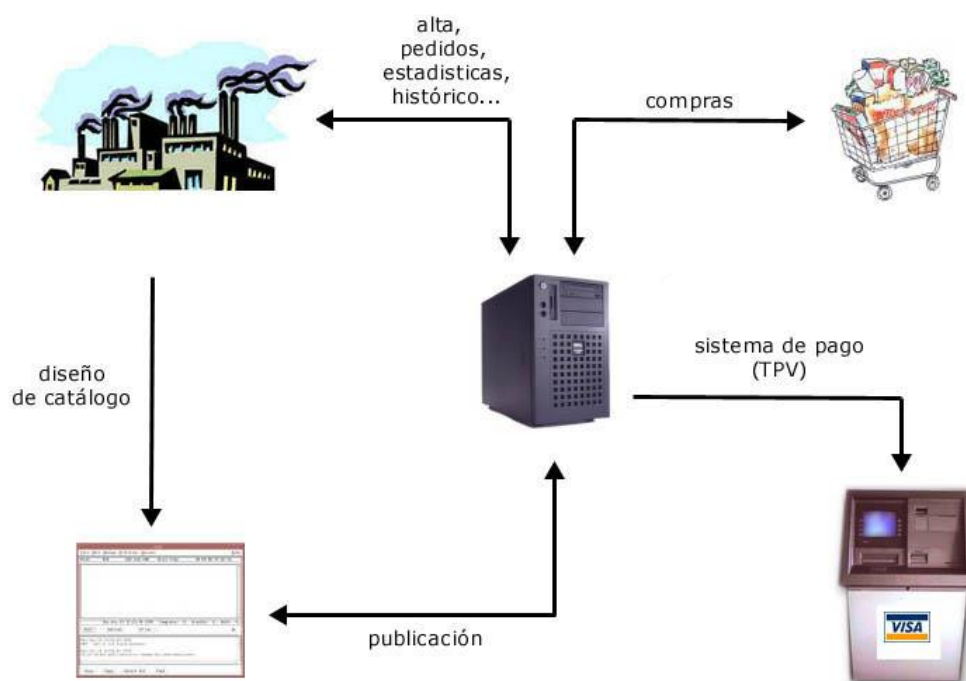


Figura 6.2. Esquema general del modelo

6.4.1 Estado del arte

En esta sección se realizan algunos comentarios sobre la situación actual en relación con el proyecto de investigación propuesto, trabajos afines y mención a la bibliografía más relevante sobre el tema.

6.4.1.1 *El comercio electrónico*

El comercio electrónico es, básicamente, hacer negocios en línea. En su forma más obvia supone vender productos en línea a los consumidores, pero en realidad, engloba cualquier tipo de negocio dirigido de forma electrónica. El comercio electrónico puede definirse, sencillamente, como la creación, dirección y extensión de las relaciones comerciales en línea [Kienan, 2000], o como el uso de medios y tecnologías electrónicas para dirigir el comercio [Whinston et al., 1997]. En el *OMG CommerceNet Whitepaper* se define comercio electrónico como la aplicación de las tecnologías de la información, específicamente inteligencia artificial y redes, a los problemas del comercio [McConnell, 1997].

En un sentido más amplio, también se puede definir el comercio electrónico como cualquier forma de transacción o intercambio de información comercial basada en la transmisión de datos sobre redes de comunicación como Internet [Vázquez, 1999]. En este sentido, el concepto no sólo incluye la compra y venta electrónica de bienes, información o servicios, sino también el uso de la Red para actividades anteriores o posteriores a la venta, como son la publicidad, la búsqueda de información sobre productos, proveedores..., la negociación entre comprador y vendedor sobre precio, condiciones de entrega..., la atención al cliente antes y después de la venta, la cumplimentación de trámites administrativos relacionados con la actividad comercial, la colaboración entre empresas con negocios comunes (a largo plazo o sólo de forma coyuntural). Estas actividades no tienen necesariamente que estar presentes en todos los escenarios de comercio electrónico.

Los mercados son lugares (ya sean físicos o figurativos) donde los bienes y los servicios [Casati y Shan, 2001] se intercambian entre compradores y vendedores [Fourie, 1991]. El intercambio de bienes y servicios entre un comprador y un vendedor se denomina una transacción [Williamson, 1985]. Independientemente de la naturaleza de los bienes y de los tipos de mercados involucrados, las transacciones pueden separarse en tres pasos básicos: *fase de información, fase de negociación y fase de ejecución* [Buxmann y Gebauer, 1998].

Sin embargo, los nuevos mercados que tienen lugar en Internet son diferentes de los mercados físicos tradicionales [Froehlich et al., 1999], por lo tanto se han de buscar nuevas estrategias y lógicas para los negocios [Benjamin y Wigand, 1995; Rayport y Sviokla, 1995].

Los mercados electrónicos en Internet están teniendo un mayor impacto en las funciones de mercado [Bailey y Bakos, 1997]. En la oferta de productos se incrementa la personalización de los productos ofrecidos y la agregación y disgregación de la información sobre los componentes de los productos [Bakos, 1998]. Aparece el concepto de producto digital (artículos, informes, imágenes, vídeos, música...) que puede distribuirse por la Red sin un coste añadido. Surgen

políticas de precios que permiten negociar el precio final en función de la demanda o aprovecharse de precios debidos a situaciones especiales. La logística se mejora al existir más información compartida entre cliente y proveedor, pudiéndose en el caso de los bienes digitales eliminarse por completo.

Participantes en el comercio electrónico

En el comercio electrónico participan como actores principales las empresas, los consumidores y las administraciones públicas. Así, normalmente se distinguen tres tipos básicos de comercio electrónico:

- Entre empresas o B2B (*Business to Business*) [Neches, 1996; Harting, 2000].
- Entre empresa y consumidor o B2C (*Business to Consumers*) [Neches, 1996].
- Entre empresa y administración o B2A (*Business to Administrations*) [Vázquez, 1999].

Las empresas pueden participar como usuarias (compradoras o vendedoras) y como proveedoras de herramientas o servicios de soporte para el comercio electrónico: proveedores de servicios de certificación de claves públicas, instituciones financieras... Por su parte, las administraciones públicas, actúan como agentes reguladores y promotores del comercio electrónico y como usuarias del mismo (por ejemplo en los procedimientos de contratación pública o de compras por la administración).

En un sentido amplio, los consumidores participarían en dos formas adicionales de comercio electrónico además del B2C: por una parte, el comercio electrónico directo entre consumidores (venta directa entre particulares) y, por otra, las transacciones económicas entre ciudadano y administración (pago de prestaciones sociales, pago de impuestos...).

El hecho de que el comercio electrónico esté ampliamente ligado a Internet se justifica porque, si bien las actividades de comercio electrónico entre empresas, por ejemplo mediante los sistemas de Intercambio Electrónico de Documentos EDI (*Electronic Data Interchange*), existen desde hace más de una década y son anteriores al uso comercial de Internet, ha sido esta apertura al uso comercial de Internet y, en particular, el desarrollo de la web, el elemento clave que ha hecho posible al comercio electrónico llegar al consumidor final y, en definitiva, ha provocado el actual crecimiento explosivo del comercio electrónico en todas sus formas.

Catálogos en línea

Una de las claves para el éxito de un buen sitio de comercio electrónico es ofrecer un entorno que facilite al usuario navegar por los productos ofrecidos, y finalmente realizar una compra [Textor, 1999].

La forma más típica de organizar los contenidos y productos ofrecidos es mediante un catálogo de productos en línea (e-catálogo), a través del cual los clientes finales interactúan con la información de la empresa proveedora [Baron et al., 2000]. Un catálogo en línea puede definirse como la representación electrónica de la información sobre los productos y/o servicios de una organización [Segev et al., 1995].

En el marco del proyecto que aquí se presenta interesa el concepto de catálogo de múltiples vendedores (*multi-vendor electronic catalog*). Su misión es integrar información de los vendedores realizando una mezcla de datos y una reconciliación semántica. El catálogo de productos supone un punto de acceso centralizado para los productos y servicios que pueden ser comprados electrónicamente. Esta centralización puede ser física o virtual. En [Ginsburg et al., 1999] se distinguen tres modelos de catálogos electrónicos: modelo “hágalo usted mismo”, el modelo “tercera parte integradora” y el modelo “descubrimiento de conocimiento en tiempo real”. Estos modelos se diferencian en la configuración elegida para obtener y mantener la información de los productos a vender.

Mediadores en el comercio electrónico

Una PYME que quiera hacerse un hueco en el voraz mundo del comercio en Internet lo tiene muy difícil porque normalmente es una desconocida lejos de su entorno habitual de mercado, y carece de los medios técnicos y publicitarios para darse a conocer. Sin embargo, cuando varias de estas empresas se unen pueden formar una masa crítica que las haga atractivas para el cliente final. La forma más efectiva de darse a conocer en Internet es mediante un mediador o *broker* para comercio electrónico [Bichler et al., 1998; MarketScience, 2000], que puede servir como escaparate para los productos de estas empresas [Marathe y Diwakar, 2001].

El negocio de estos mediadores es unir a compradores y vendedores en un mercado electrónico, a la vez que ofrece servicios nuevos e innovadores [Bakos, 1991; Bailey y Bakos, 1997; Segev et al., 1999; Tsvetovat et al., 2000; Yamamoto y Sycara, 2001], o como competencia a intermediarios ya existentes [Chircu y Kauffman, 1999a; Chircu y Kauffman, 1999b].

Bailey y Bakos [Bailey y Bakos, 1997] enfatizan la necesidad de intermediarios en los mercados electrónicos. Basándose en un análisis de trece firmas B2B y B2C, ellos argumentan

que los mercados electrónicos necesitan agruparse en portales únicos de compra, proveedores de confianza, facilitadores de intercambio de información y filtros de información. El efecto de la comunicación electrónica descrita en [Malone et al., 1987] reduce el coste de las comunicaciones, pero el mismo efecto incrementa la cantidad de información que los proveedores deben manejar en un mercado electrónico. Intermediarios de filtrado pueden reducir esta sobrecarga de información [Bailey y Bakos, 1997].

La aparición de nuevos intermediarios electrónicos queda reflejada en otros trabajos de investigación [Sarkar et al., 1995]. Bakos también apunta que la mediación en los mercados electrónicos refleja la necesidad que tienen estos mercados de facilitar las transacciones e integrar elementos de seguridad. Estos roles de mediación se necesitan en diferentes situaciones que expanden la definición tradicional de transacción mercantil [Maes et al., 1999] e incluyen no sólo ventas, sino también compras de utilidades y transporte [Leebaert, 1998]. Hagel y Singer defienden la existencia de nuevos roles en los mercados electrónicos para agentes encargados de recopilar información [Hagel y Singer, 1999]. Estos mediadores de confianza, denominados infomediarios, pueden actuar en lugar de los compradores en su interacción con los vendedores, logrando un gran poder de compra al consolidar la demanda.

A. M. Chircu y R. J. Kauffman distinguen tres tipos de intermediarios [Chircu y Kauffman, 2000]: *intermediarios tradicionales* – firmas que ofrecen servicios para compradores y proveedores en un mercado tradicional y establecido; *intermediarios sólo de comercio electrónico* – comenzaron su negocio en el entorno de Internet, y sus clientes siempre acceden a ellos a través de la Red; y *intermediarios con potencial de comercio electrónico* – conducen su negocio utilizando tanto medios tradicionales como en línea.

Cuando los mediadores hacen su presencia se necesitan mecanismos y estándares para la interoperabilidad en el comercio electrónico. En [Bichler, et al., 1998] se distinguen tres tipos de soluciones:

- Interfaces estándares para la creación de componentes en el área del comercio electrónico. Basadas en tecnología CORBA (*Common Object Request Broker Architecture*) [OMG, 2001]. En concreto el *Electronic Commerce Domain Task Force* – ECDTF (<http://ecdtf.omg.org/>) de OMG está trabajando para estandarizar las interfaces de CORBA para componentes de comercio electrónico.
- Estándares de interoperabilidad centrados en documentos. Mucha de la información intercambiada en el B2B se hacía a través de mensajes EDI (*Electronic Data Interchange*). Pero los estándares EDI (ANSI X.12 - <http://www.x12.org/> - ISO [ISO, 1996] o UN/EDIFACT) son complicados y caros

porque la mayoría de los mensajes viajan por redes propietarias y, además, no se integran bien con la infraestructura ubicua propia de la web. Una solución fue la utilización de Internet-EDI o mensajes XML/EDI (<http://www.xmledi.com>), porque es más sencillo validar y traducir estos mensajes a los formatos que se necesitan en los extremos de la comunicación [Laplante, 1998]. XML [Bray et al., 2000] está emergiendo como estándar para muchos lenguajes basados en la web y el comercio electrónico es un claro ejemplo de ello [Hernández y García, 2001]. Además, XML se utiliza profusamente como base para *frameworks* y protocolos de comunicación en sistemas de comercio electrónico [Glushko et al., 1999; Dogac y Cingil, 2001; García et al., 2001a; García et al., 2001b], así como para dotar de contenido semántico y ontológico a la web en general y a las plataformas de comercio electrónico en particular [Smith y Poulter, 1999; Omelayenko, 2001].

- Soporte de múltiples estándares. Un mediador genérico deberá entender varios estándares, combinando las interfaces y los documentos [Fingar, 2000].

6.4.1.2 Comercio electrónico y agentes

La tecnología basada en agentes tiene en el área del comercio electrónico uno de los campos de aplicación más importantes, donde los agentes no están limitados sólo a actividades de recolección de información, sino que de manera creciente se dedican a procesos cada vez más complejos para dar soporte a las compras y ventas propias del comercio electrónico. Para ello, se utilizan sistemas multiagentes y agentes adaptativos que pueden adaptar autónomamente algunas de sus propiedades, como por ejemplo su comportamiento [Gil et al., 2001].

Introducción al concepto de agente

Un agente es un sistema informático que está situado en un entorno, y que es capaz de realizar acciones autónomas en dicho entorno para conseguir sus objetivos de diseño [Sen y Weiss, 1999]. Generalmente, un agente se compone de cuatro elementos básicos: un componente sensor, un componente motor, una base de conocimiento o de información y un motor de razonamiento. Los componentes sensor y el motor permiten que el agente interactúe con su entorno (por ejemplo, llevando a cabo una acción o intercambiando datos con otros agentes). La base de conocimiento contiene la información que el agente tiene de su entorno. El motor de razonamiento permite a un agente realizar procesos de inferencia, planificación y aprendizaje (por ejemplo, deducir nueva información, generar secuencias de comportamiento e incrementar la eficiencia de la interacción con su entorno) [Weiß y Dillenbourg, 1999].

Un agente inteligente [Wooldridge y Jennings, 1995; Lang, 1995] es un agente que es capaz de realizar acciones flexibles de una forma autónoma para conseguir sus objetivos de diseño, donde la flexibilidad significa: autonomía, reactividad, pro-actividad y habilidad social [Wooldridge y Jennings; Weiss, 2001]. Una definición de agente inteligente puede ser: “Programas que actúan en lugar de sus usuarios humanos para realizar laboriosas tareas de recolección de información” [Sycara et al., 1996].

Otras propiedades adicionales, tales como la racionalidad, la coherencia, la capacidad de adaptación, o la movilidad, se utilizan para caracterizar a un agente [García, 2000a].

La racionalidad es una característica propia del ser humano. Un agente se considera racional cuando tiene unos conocimientos de su entorno, unos objetivos deseables y unas reglas que determinan cómo alcanzar los objetivos a partir del conocimiento que se tiene del medio. Esta característica de racionalidad le permite a un agente tomar decisiones sin intervención humana. Se está modelando la racionalidad propia del hombre, eso sí, de momento en problemas muy simples.

La coherencia implica que el conocimiento que un agente tiene de su mundo se almacena en una base de conocimiento interno al propio agente. Todo este conocimiento debe guardar un alto grado de coherencia para que el comportamiento del mismo sea el esperado.

La adaptación se ajusta a la forma de considerar la organización de un agente en su interacción con su entorno o con otros agentes, esto es, un agente adaptativo es aquél que es capaz de controlar sus propiedades (de comunicación, de comportamiento...) en consecuencia del agente con el que está interaccionado y del contexto en el que está inmerso. En otras palabras, el agente adaptativo debe tener la capacidad de modificar las propiedades de sus actividades para satisfacer sus necesidades, tanto internas como externas [Guessoum et al., 2001].

La movilidad es una característica opcional que pueden poseer los agentes. Un agente móvil es aquél que se puede mover físicamente por los nodos de una red para poder llevar a cabo sus tareas. El objetivo de la movilidad puede ser una mejor distribución de la carga de procesamiento, una mejor compartición de recursos, una lógica distribuida...

Los sistemas multiagente [Genesereth y Ketchpel, 1994] son sistemas complejos con respecto a su estructura y su funcionalidad. El diseño de una estrategia de interacción efectiva requiere un conocimiento previo de cualquier agente que pueda estar involucrado en el sistema. El concepto de sistema multiagente amplía la noción de agente inteligente en al menos dos maneras. En primer lugar, el usuario de un agente, quien imparte objetivos y delega tareas,

puede ser un humano u otro agente. Y en segundo lugar, un agente debe estar diseñado con mecanismos explícitos para comunicarse con otros agentes [Sycara et al., 1996].

Agentes en el comercio electrónico

Internet es un nicho de negocio al que sólo se le puede sacar todo su potencial estableciendo nuevos modelos de negocio centrados en la Red, escalables y efectivos en cuanto al coste. Se necesitan nuevas cadenas de suministro, canales de distribución y mercados dinámicos que utilicen procesos de computación distribuidos e inteligentes, los agentes [Ma, 1999].

La tecnología de agentes ha demostrado su potencial en las aplicaciones de comercio electrónico en múltiples ocasiones [Chavez y Maes, 1996; Doorenbos et al., 1997]. A continuación se repasan algunos trabajos que, bien directa o indirectamente, están relacionados con la tecnología de agentes en el comercio electrónico.

P. Maes y B. Sheth han trabajado en agentes de filtrado de información que se utilizan en los aspectos de personalización [Sheth y Maes, 1993; Maes, 1994; Sheth, 1994].

Armstrong y Durfee [Armstrong y Durfee, 1998] investigan sobre el uso de los agentes para comprar y vender información en los mercados digitales, como por ejemplo el caso de las bibliotecas digitales. Se centran en analizar los factores que influyen la eficacia de los modelos de agentes para el aprendizaje en situaciones intrínsecamente impuestas. Presentan un modelo que ofrece mecanismos por los que los agentes adaptan dinámicamente las estrategias que usan para comprobar cómo el cambio dinámico de estrategias afecta a la cooperación.

Foisel, Chevrier y Haton [Foisel et al., 1998] presentan un modelo basado en la noción de interacción para construir organizaciones adaptativas y diversos experimentos sobre el problema de la distribución de múltiples materias primas. La organización del modelo se representa por dos aspectos, uno estático para soportar la estructura y otro dinámico para permitir que la estructura evolucione. La organización se construye sobre un modelo de interacción, compuesto de tres elementos: una motivación u objetivo, los agentes involucrados en la interacción y la forma en que tiene lugar los intercambios.

Vidal y Durfee [Vidal y Durfee, 1998] describen un *framework* que puede ser utilizado para modelar y predecir el comportamiento de los sistemas multiagentes con agentes que aprenden. Su modelo tiene ciertos parámetros que capturan la dinámica de una amplia variedad de algoritmos de aprendizaje, por lo tanto capturan las habilidades de aprendizaje de los agentes (tales como su porcentaje de cambio, su porcentaje de aprendizaje y su porcentaje de retención). Validan el algoritmo utilizando agentes de refuerzo de aprendizaje en un sistema de mercado electrónico.

Carmel y Markovitch [Carmel y Markovitch, 1998] han desarrollado una aproximación de aprendizaje que se aproxima al modelo del oponente. Dado un conjunto de movimientos del oponente forman configuraciones específicas de un tablero. En primer lugar presentan un algoritmo para calcular la profundidad de la búsqueda que está siendo usada por el oponente. Si la función asumida es exacta, entonces se necesitan pocos ejemplos para inducir la profundidad de la búsqueda. También presentan un algoritmo que aprende de la estrategia de juego del oponente, y adapta la estrategia durante el juego. Las suposiciones realizadas son las siguientes: la función de evaluación del oponente es una combinación lineal de las características conocidas del tablero, y el oponente no cambia su función mientras dura el juego. Experimentalmente demuestran la efectividad de su aproximación de aprendizaje para diferentes estrategias del oponente.

Matos, Sierra y Jennings [Matos et al., 1998] estiman que para tener éxito en entornos multiagentes y abiertos, los agentes autónomos deben ser capaces de adaptar sus estrategias de negociación y sus tácticas a sus circunstancias predominantes. Estos autores presentan un modelo preparado para un proceso de sistema de gestión para un negocio real. Este modelo tiene que operar en un amplio rango de entornos con un alto número de parámetros, por lo tanto estos autores estudian cómo evolucionan las estrategias de negociación de los agentes. La técnica que adoptan para la evolución de las estrategias son los algoritmos genéticos, haciendo evaluaciones en diferentes entornos. Han demostrado la utilidad de los agentes empleando un conjunto de tácticas para diferentes problemas de negociación.

Weiß y Dillenbourg [Weiß y Dillenbourg, 1999] definen un sistema multiagente adaptativo de acuerdo a los sistemas adaptativos. Distinguen tres mecanismos en los sistemas adaptativos multiagentes: el *mecanismo de multiplicación* – cada agente tiene una evolución diferente, por tanto, se han de utilizar diferentes métodos, se realizan diferentes elecciones, y la eficiencia del sistema es mejorada; el *mecanismo de división* – las tareas pueden ser descompuestas en diferentes partes, cada parte se corresponde con un grupo de agentes, y el aprendizaje es sencillo y rápido; y el *mecanismo de interacción* – un agente puede compartir información con otros agentes para mejorar el rendimiento del sistema completo.

Guessoum y otros [Guessoum y Briot, 1999; Guessoum et al., 2001] proponen un modelo genérico de agente adaptativo, donde cada agente tiene un comportamiento y un meta-comportamiento que ofrecen al agente dos tipos de adaptación (estructural y de comportamiento). Ellos validan el modelo con una simulación de un modelo económico.

Corchado [Corchado, 2001] presenta una solución distribuida para los negocios en Red, donde los agentes se incorporan para incrementar la adaptación del sistema y su evolución con

respecto a los cambios del entorno en una compañía de construcción como soporte a las ventas. La adaptación del sistema confía en una pareja de agentes deliberativos caracterizados por una arquitectura BDI (*Believe, Desire and Intention*). Esta arquitectura en conjunción con un sistema de CBR (*Case-Based Reasoning*) configura la adaptación de la solución.

Matos y Sierra en [Matos y Sierra, 1999] dirigen su investigación hacia modelos de negociación. Estudian el papel que la negociación juega entre los agentes de comercio. Presentan dos tipos de arquitectura de agentes: basada en casos y *fuzzy* para modelar una estrategia de negociación basada en agentes. La arquitectura basada en casos determina la combinación de tácticas y de los valores de los parámetros a utilizar en cada momento de la negociación. Una ruta alternativa es la utilización de un conjunto de reglas *fuzzy*, de forma que la adaptación es modelada por un conjunto de reglas de adaptación *fuzzy*. Finalmente, proponen una aproximación de evolución aplicando un algoritmo genético sobre una población de agentes para determinar la estrategia de negociación más exitosa.

Ardissono y Goy [Ardissono y Goy, 2000] desarrollan SETA (*Servizi Telematici Adattativi*), un prototipo para soportar las ventas en las tiendas web, centrándose en la personalización de la interacción con los usuarios. El sistema SETA se basa en una arquitectura multiagente reactiva, desarrollada con **Objectspace Voyager**.

Maes y otros en [Maes et al., 1999] presentan una visión general de la tecnología de agentes en el comercio electrónico, revelando como los agentes se utilizan para manejar el proceso de compra y venta en la web.

M. P. Papazoglou [Papazoglou, 2001] distingue diferentes tipos de agentes en un sistema multiagente de comercio electrónico: agentes de aplicación, agentes personales o de interfaz, agentes para actividades de negocio generales, agentes de localización de información, agentes de negociación, agentes de soporte de nivel de sistema, agentes de planificación, agentes de interoperación, agentes de transacciones de negocio y agentes de seguridad.

M. Weiss [Weiss, 2001] define un lenguaje de patrones para el desarrollo de arquitecturas de comercio electrónico basadas en agentes. Identifica las fuerzas que se necesitan para el diseño de sistemas de comercio electrónico basados en agentes: autonomía, necesidad de interaccionar, sobrecarga de información, múltiples interfaces, aseguramiento de la calidad, adaptabilidad, aspectos de privacidad, búsqueda de precios e identidad.

Los agentes móviles también tienen aplicación en el comercio electrónico, por ejemplo SOMA (*Secure and Open Mobile Agent*) [Corradi et al., 1999], que es un *framework* para construir aplicaciones de comercio electrónico seguras. Otras referencias de agentes móviles en

comercio electrónico son [Papaioannou y Edwards, 1998; Sohn y Yoo, 1998; Vigna, 1998; Yee, 1999; Wong et al., 1999].

Los protocolos y políticas de comunicación en un sistema multiagente para el comercio electrónico es otro aspecto a tener en cuenta. Existen diversas propuestas [Finin et al., 1995; Pitt y Mamdani, 1999; Pitt et al., 2000] basadas en KQML (*Knowledge Query and Manipulation Language*) [Finin y Wiederhold, 1991] y/o en FIPA (*Foundation for Intelligent Physical Agents*) [FIPA, 2001; García, 2000a].

6.4.1.3 Adaptabilidad en el comercio electrónico

Cuando un sistema hipermedia es utilizado por diferentes usuarios, con diferentes intereses y/o niveles de conocimiento, un aspecto que toma una especial relevancia es la capacidad de adaptación que presenta dicho sistema.

Un entorno de comercio electrónico es un sistema en el que no se debe tratar a todos los usuarios por igual, ofreciéndoles el mismo conjunto de páginas estáticas a todos ellos. En un sistema B2C primarán los aspectos de adaptación relacionados con la interfaz, la navegación, los contenidos y las preferencias del usuario, buscando crear un ambiente amigable donde el cliente se sienta a gusto y reconocido por el sistema. En un entorno B2B o en un contexto de intermediación, en el que concurren aspectos híbridos B2B y B2C, a la adaptación de los parámetros anteriormente comentados habría que añadir los aspectos de adaptación del comportamiento, por ejemplo para establecer políticas de negocio de las empresas proveedoras o para fijar los precios en un entorno cambiante o en el que la negociación estuviera permitida.

F. Paternò y C. Mancini distinguen entre sistemas adaptables y sistemas adaptativos. Los sistemas adaptables son sistemas que permiten únicamente modificar algunos de sus parámetros, y así adaptar su comportamiento en consecuencia. Si el sistema se adapta al usuario de forma automática, es cuando se denomina adaptativo [Paternò y Mancini, 1999].

La hipermedia adaptativa representa una dimensión de trabajo e investigación que intersecciona con la hipermedia y el modelado de usuario. P. Brusilovsky [Brusilovsky, 1996; Brusilovsky, 2001] identifica seis tipos de sistemas hipermedia adaptativos: sistemas educativos, sistemas de información en línea, sistemas de ayuda en línea, sistemas de recuperación de la información, sistemas institucionales y sistemas de gestión de vistas personalizadas en sistemas de información.

Los sistemas de información en línea no forman un grupo homogéneo, y por tanto se dividen en subgrupos, distinguiéndose así [Brusilovsky, 2001]: *enciclopedias electrónicas*, como por ejemplo PEBA-II [Milosavljevic, 1997; Hirashima et al., 1998]; *quioscos de*

información, como por ejemplo AVANTI [Fink et al., 1998]; *museos virtuales*, como por ejemplo Marble Museum [Paternò y Mancini, 1999] o SAGRES [Bertoletti y da Rocha, 1999]; *guías*, como por ejemplo HYPERAUDIO [Not et al., 1998]; *sistemas de comercio electrónico*, como por ejemplo SETA [Ardissono y Goy, 1999] o TELLIM [Jörding, 1999a; Jörding, 1999b; Milosavljevic y Oberlander, 1998]; y *sistemas de soporte al funcionamiento*, como por ejemplo ADAPTS [Brusilovsky y Cooper, 1999] o MMA [Francisco-Revilla y Shipman III, 2000].

Los sistemas de comercio electrónico divergen de los sistemas de información clásicos, porque en este tipo de sistemas la navegación no es la principal actividad, ya que ésta es comprar algún bien, servicio o realizar algún trabajo. De hecho, cuanto mejor trabaja el sistema, menos navegación se requiere [Brusilovsky, 2001].

Un ejemplo digno de mención dentro del caso de los sistemas de comercio electrónico adaptativos es TELLIM (*inTELLigent Multimedia*) [Jörding, 1999a; Jörding, 1999b; Milosavljevic y Oberlander, 1998]. Es un sistema que genera documentos individuales en tiempo de ejecución de forma que cada cliente consigue la presentación que le satisface y cumple sus intereses. El motor de adaptación se centra en el proceso de adquisición de conocimiento a través del sistema que monitoriza la interacción en el lado del cliente que alimenta un algoritmo incremental que aprende las preferencias del cliente y genera la presentación multimedia en tiempo de ejecución.

Los agentes adaptativos, ya comentados anteriormente, se están utilizando con profusión en el área de hipermedia adaptativa en sistemas de comercio electrónico, además de SETA [Ardissono y Goy, 1999], se pueden citar otros trabajos en este sentido [Pazzani y Billsus, 1997; Menczer y Belew, 1998; Perkowitz y Etzioni, 1998; Pazzani y Billsus, 1999; Ardissono et al., 1999].

6.4.2 Objetivos del proyecto

El objetivo general de este proyecto de investigación es la definición, diseño e implementación de una plataforma de comercio electrónico que conecte diferentes empresas suministradoras, PYMES, con los clientes potenciales de sus productos, a través de Internet. Permitiendo a las PYMES, con un desembolso mínimo y su participación activa en la creación y gestión de sus catálogos de productos, entrar en el mundo del comercio electrónico con unos riesgos mínimos.

Como se va a comprobar a través de los objetivos concretos que se plantean en este mismo apartado, este proyecto de investigación tiene un carácter aplicado que puede enmarcarse dentro de las Tecnologías de la Información. En cuanto a su interés socio-económico, tanto para la

Comunidad Autónoma como para el resto del país, hay que destacar su aplicabilidad a los diferentes tipos de PYMES que puedan ofrecer sus productos y/o servicios a través de Internet, presentando éstos en un catálogo. Esta característica tiene un indudable peso específico en la realidad socio-económica de Castilla y León en particular, y de España en general, al incrementar el mercado potencial de cualquier PYME española.

A continuación se van a enumerar los objetivos concretos que se persiguen en este proyecto. Éstos se concretan en diferentes soluciones en pro de cumplir el objetivo global planteado:

1. Establecer las dimensiones B2B y B2C del modelo de comercio electrónico.

En el campo de los intermediarios para el comercio en Internet se distinguen varios tipos, dependiendo del modelo de negocio que se quiera soportar. Los intermediarios más típicos son los que se centran en la dimensión B2B, sin embargo por las características del modelo que se quiere definir e implementar en este proyecto de investigación, se persigue un modelo mixto o híbrido B2B y B2C.

La dimensión B2B surge de la existencia de relaciones entre un conjunto de empresas proveedoras de productos (PYMES) y otra empresa (el intermediario) que les ofrece los servicios necesarios para que sus productos estén al alcance de los clientes finales.

La dimensión B2C ocurre entre el intermediario y los clientes finales, que ven al intermediario como un escaparate de productos (típicamente relacionados), a los que acceden según la metáfora de funcionamiento del sitio de comercio intermediario.

Así, el objetivo último es **definir los límites y características propias del modelo híbrido B2B/B2C con el que se quiere contar.**

2. Definir las características del producto a compartir y publicar: el catálogo de productos.

Al existir un sitio de comercio electrónico intermediario encargado de gestionar los productos de diferentes empresas proveedoras, es de vital importancia definir cuál va a ser el elemento de información que se comparta y publique en el sitio de comercio electrónico, y que sirva de base semántica para que el cliente final tenga noción de qué compra y tenga posibilidad funcional para poder llegar a encontrarlo, seleccionarlo y, finalmente, comprarlo.

La base elegida es la del catálogo de productos, que se transforma en el sitio de comercio electrónico en un catálogo de productos multi-proveedor; donde el catálogo cumple el modelo “hágalo usted mismo” [Ginsburg et al., 1999], porque es el mediador el que tiene la iniciativa de definir el tipo de catálogo que va a manejar, así como su semántica.

Así, el objetivo último es **definir la semántica de un catálogo de productos multi-proveedor, cuyas restricciones y semántica son establecidas por el intermediario, utilizando para ello XML.**

3. Desarrollar una herramienta de autor para la creación, gestión y publicación de catálogos de productos.

Una de las claves para el éxito del modelo de comercio electrónico que se quiere definir, es que la PYME tenga el control absoluto en la creación del catálogo de productos que quiere publicar en el intermediario.

Para conseguir esto se recurre a la creación de una herramienta de autor para crear, publicar y mantener el catálogo de productos de la PYME en el sitio de comercio electrónico intermediario.

Esta herramienta debe estar especialmente diseñada para facilitar las tareas relacionadas con la creación y mantenimiento del catálogo de productos, teniendo en cuenta que quien va a manipular dicha herramienta no tiene por que tener conocimientos avanzados en informática, sino sólo conocimientos básicos en aplicaciones ofimáticas e Internet. Por ello, la interfaz de esta herramienta debe ser sencilla y amigable, construida sobre la base de un conjunto de metáforas bien conocidas por el usuario y que permanezcan constantes a lo largo de las diferentes partes de la interfaz.

Con el objeto de simplificar y guiar al creador del catálogo se debe utilizar el concepto de vista de trabajo, donde cada una de las vistas contempladas pretende mostrar la información desde un determinado enfoque. Las principales vistas que deben soportarse a través de esta herramienta son: *la vista de definición de plantillas, la vista de definición de productos, la vista de definición de políticas de negocio y la vista de organización de catálogos*. Todas ellas han de agruparse en una vista más general, denominada *vista de repositorio*, donde se muestra toda la información distribuida por el resto de vistas [García et al., 2001b; Hernández et al., 2001].

Además, se debe perseguir que la interfaz de la herramienta de autor soporte características de internacionalización, de forma que soporte un conjunto ilimitado de idiomas diferentes.

Así, el fin último es **implementar una herramienta de autor para que la PYME realice todas las labores de creación, publicación y mantenimiento de los catálogos de productos.**

4. Desarrollar un sitio web intermediario entre las empresas proveedoras y los clientes finales que aloje y sirva de escaparate para los catálogos de productos de las PYMES, y además gestione las peticiones de los clientes.

El sitio web intermediario debe ofrecer a los clientes todos y cada uno de los servicios para navegar a través del catálogo de productos multi-proveedor y realizar sus compras [Adam et al., 1996; Borrego et al., 2001].

Además de los servicios propios de un sitio web comercial, el intermediario debe definir una ontología para el almacenamiento de los productos, así mismo debe permitir la definición de diferentes políticas de negocio para las empresas proveedoras.

La interfaz del sitio web debe cumplir una serie de restricciones muy importantes. Por una parte debe ser amigable y fácil de utilizar a través de las metáforas que el usuario conoce y reconoce debido a su experiencia en la visita a otros sitios de comercio electrónico. Por otro lado, debe existir un soporte multilingüe y de diferentes monedas. Además, se precisa que la interfaz sea adaptativa para los clientes, incorporando un soporte para la gestión de los perfiles de los usuarios, que posibilite atenderlos de una forma más personalizada.

Así, el objetivo último es **desarrollar un sitio web intermediario adaptativo que sirva de escaparate a los productos de las PYMES.**

5. Definir un protocolo de publicación de catálogos entre la herramienta y el sitio web.

Si las PYMES están representadas en la plataforma de comercio electrónico a construir mediante una herramienta de autor para la creación de catálogos, que deben publicar automáticamente en el sitio web intermediario, se necesita un protocolo para facilitar esta comunicación.

Este protocolo de comunicación debe basarse en XML, y permitir tanto la transferencia del catálogo desde la herramienta al sitio web intermediario, como la detección y recuperación de errores en dicho proceso.

Así, el fin último es **definir un protocolo de comunicación entre herramienta y sitio web basado en XML.**

6.4.3 Metodología y plan de trabajo

Para la consecución de los objetivos planteados en el presente proyecto, se ha dividido el mismo en una serie de tareas agrupadas por afinidades y asignadas a los miembros del equipo de investigación (formado por cinco investigadores). La coordinación interna estará a cargo del responsable del proyecto y se llevará a cabo mediante la realización de una sesión quincenal de control de resultados.

Está prevista la incorporación de dos Becarios de Investigación que realicen labores de implementación de las herramientas necesarias al mismo tiempo que se inician en la investigación y realizan sus Tesis Doctorales.

A continuación se describe, por objetivos y tareas, la planificación del proyecto con detalle de resultados esperados y plazos de ejecución.

Modulo 1. Definición del modelo de negocio

Duración

6 meses (desde año 1, mes 1 hasta año 1, mes 9)

Descripción

En este bloque de tareas se pretende definir el modelo de negocio que va a regir a todos los actores involucrados en la plataforma de comercio electrónico que se pretende construir

Resultados esperados

- Definición del dominio de trabajo
- Caracterización de todos los actores involucrados
- Definición de un modelo de negocio mixto B2B/B2C
- Establecimiento de las diferencias y elementos comunes del modelo propuesto con otros modelos existentes
- Definición de la semántica del catálogo de productos

Plan de trabajo (descomposición en tareas)

TAREA: Estudio del papel de los intermediarios en el comercio electrónico

CÓDIGO: T1.1

COMIENZO: Año 1, mes 1

FINAL: Año 1, mes 4

RESPONSABLE: Investigador 1

ENTRADAS: Ninguna

DESCRIPCIÓN: Se repasará la bibliografía especializada en intermediarios, se localizarán ejemplos en la red, y se identificarán los tipos, servicios de éstos

PARTICIPANTES: Investigador 2, Investigador 3

TAREA: Realización del modelo de dominio

CÓDIGO: T1.2

COMIENZO: Año 1, mes 2

FINAL: Año 1, mes 9

RESPONSABLE: Investigador Principal

ENTRADAS: Informes de la tarea T1.1

DESCRIPCIÓN: Se realizará un modelo del dominio de negocio a implementar en la plataforma a desarrollar. Será el documento que establezca los requisitos y restricciones arquitectónicas guíen el resto del proyecto

PARTICIPANTES: Investigador 1, Investigador 2, Investigador 3

TAREA: Definición semántica y estructural del catálogo de productos

CÓDIGO: T1.3

COMIENZO: Año 1, mes 5

FINAL: Año 1, mes 9

RESPONSABLE: Investigador 4

ENTRADAS: Ninguna

DESCRIPCIÓN: Se definirá la semántica que propia del catálogo de productos multi-proveedor

PARTICIPANTES: Becario 1

Modulo 2. Definición e implementación de la herramienta de autor para creación de catálogos

Duración

12 meses (desde año 1, mes 10 hasta año 2, mes 9)

Descripción

En este bloque de tareas se pretende definir e implementar la herramienta de autor, que es la representación de las PYMES en la arquitectura propuesta

Resultados esperados

- Definición de un *workflow* para la creación de catálogos de productos
- Desarrollo de la herramienta de autor para la creación y publicación de catálogos

Plan de trabajo (descomposición en tareas)

TAREA: Definición del *workflow* para la creación de un catálogo de productos

CÓDIGO: T2.1

COMIENZO: Año 1, mes 10

FINAL: Año 1, mes 11

RESPONSABLE: Investigador Principal

ENTRADAS: Ninguna

DESCRIPCIÓN: Se definirá cuál es el camino más adecuado y sencillo para la creación de un catálogo de productos, y éste será el que se implemente en la herramienta. Este *workflow* se traducirá en las vistas de trabajo soportadas por la herramienta

PARTICIPANTES: Investigador 2

TAREA: Modelado de la interacción persona-ordenador en la herramienta

CÓDIGO: T2.2

COMIENZO: Año 1, mes 10

FINAL: Año 2, mes 3

RESPONSABLE: Investigador 3

ENTRADAS: Definición del catálogo

DESCRIPCIÓN: Los aspectos de interacción persona-ordenador son fundamentales para lograr el éxito del modelo de negocio que se pretende definir, así se deben estudiar todos los aspectos de navegación, usabilidad, internacionalización... propios de la herramienta de autor

PARTICIPANTES: Investigador 2, Investigador principal, Becario 1

TAREA: Componentes de negocio en la herramienta de autor

CÓDIGO: T2.3

COMIENZO: Año 1, mes 10

FINAL: Año 2, mes 4

RESPONSABLE: Investigador 4

ENTRADAS: Ninguna

DESCRIPCIÓN: La definición de un catálogo de productos puede verse completada con la definición de políticas de negocio para vender dichos productos. Se necesita por tanto una vista de trabajo que permita establecer estos aspectos y luego comunicárselos al servidor de comercio electrónico intermediario

PARTICIPANTES: Investigador principal, Becario 2

TAREA: Desarrollo de la herramienta de autor

CÓDIGO: T2.4

COMIENZO: Año 1, mes 12

FINAL: Año 2, mes 9

RESPONSABLE: Investigador 1

ENTRADAS: Resultados de las tareas T2.1, T2.2, T2.3 y T1.3

DESCRIPCIÓN: Se desarrollará y probará de forma iterativa e incremental la herramienta de autor

PARTICIPANTES: Todo el equipo.

Modulo 3. Definición e implementación de un sitio de comercio intermediario entre PYMES y clientes finales

Duración

24 meses (desde año 2, mes 1 hasta año 3, mes 12)

Descripción

En este bloque de tareas se pretende definir e implementar el sitio de comercio electrónico intermediario entre las PYMES y los usuarios finales

Resultados esperados

- Definición de una arquitectura de agentes cooperativos y adaptativos para el comercio electrónico
- Desarrollo de un sistema de perfiles para usuarios finales
- Desarrollo de un sitio web intermediario entre PYMES y usuarios finales
- Definición de un protocolo de comunicación entre herramienta de autor y sitio de comercio electrónico

Plan de trabajo (descomposición en tareas)

TAREA: Definición de un sistema multiagente adaptativo para comercio electrónico

CÓDIGO: T3.1

COMIENZO: Año 2, mes 1

FINAL: Año 2, mes 5

RESPONSABLE: Investigador Principal

ENTRADAS: Ninguna

DESCRIPCIÓN: Se definirá una arquitectura basada en agentes inteligentes adaptativos sobre la que se implementará el sitio de comercio electrónico

PARTICIPANTES: Investigador 2, Becario 2

TAREA: Modelado de la interacción persona-ordenador en el sitio de comercio electrónico

CÓDIGO: T3.2

COMIENZO: Año 2, mes 1

FINAL: Año 2, mes 7

RESPONSABLE: Investigador 3

ENTRADAS: Definición del catálogo

DESCRIPCIÓN: Los aspectos de interacción persona-ordenador son fundamentales para lograr el éxito del modelo de negocio que se pretende definir, así se debe estudiar todos los aspectos de navegación, usabilidad, internacionalización, adaptatividad... propios del sitio de comercio electrónico. Cabe destacar la necesidad de definir un sistema de perfiles para adaptar la interfaz a los gustos y necesidades de los usuarios finales

PARTICIPANTES: Investigador 2, Investigador 4, Investigador principal, Becario 1

TAREA: Definición del protocolo de comunicación entre herramienta de autor y el sitio intermediario de comercio electrónico

CÓDIGO: T3.3

COMIENZO: Año 2, mes 10

FINAL: Año 3, mes 1

RESPONSABLE: Investigador 1

ENTRADAS: Definición del catálogo

DESCRIPCIÓN: En esta tarea se abordarán los aspectos de comunicación y coordinación entre la herramienta de autor y el sitio de comercio electrónico, utilizando XML como base para ello

PARTICIPANTES: Investigador 2, Investigador 4, Becario 1, Becario 2

TAREA: Desarrollo del sitio de comercio electrónico intermediario

CÓDIGO: T3.4

COMIENZO: Año 2, mes 4

FINAL: Año 3, mes 12

RESPONSABLE: Investigador 2

ENTRADAS: Resultados de las tareas T3.1, T3.2, T3.3 y T1.3.

DESCRIPCIÓN: Se desarrollará y probará de forma iterativa e incremental el sitio web de comercio electrónico

PARTICIPANTES: Todo el equipo

Modulo 4. Transferencia tecnológica

Duración

12 meses (desde año 3, mes 1 hasta año 3, mes 12)

Descripción

Se realizará la transferencia tecnológica de los resultados de los otros módulos a medida que la madurez de las tecnologías desarrolladas lo permita, con aplicación a situaciones reales

Resultados esperados

- Implantación del modelo de negocio definido en el proyecto

Plan de trabajo (descomposición en tareas)

TAREA: Transferencia tecnológica

CÓDIGO: T4.1

COMIENZO: Año 3, mes 1

FINAL: Año 3, mes 12

RESPONSABLE: Investigador Principal

ENTRADAS: Productos implementados, modelos definidos

DESCRIPCIÓN: Se implantará el modelo básico de negocio en empresas colaboradoras

PARTICIPANTES: Todo el equipo

En la Tabla 6.1 se resume el plan de trabajo del presente proyecto de investigación.

Módulo		Tareas		Investigadores		Primer año			Segundo año			Tercer año		
1 Definición del modelo de negocio	T1.1	Estudio del papel de los intermediarios en el comercio electrónico	I1, I2, I3											
	T1.2	Realización del modelo de dominio	IP, I1, I2, I3											
	T1.3	Definición semántica y estructural del catálogo de productos	I4, B1											
2 Definición herramienta de autor para la creación de catálogos	T2.1	Definición del <i>workflow</i> para la creación de un catálogo de productos	IP, I2											
	T2.2	Modelado de la interacción persona-ordenador en la herramienta	I3, I2, IP, B1											
	T2.3	Componentes de negocio en la herramienta de autor	I4, IP, B2											
	T2.4	Desarrollo de la herramienta de autor	I1, I2, I3, I4, IP, B1, B2											
3 Definición sitio de comercio electrónico intermediario	T3.1	Definición de un sistema multiagente adaptativo para comercio electrónico	IP, I2, B2											
	T3.2	Modelado de la interacción persona-ordenador en el sitio de comercio electrónico	I3, I2, I4, IP, B1											
	T3.3	Definición del protocolo de comunicación entre herramienta y el sitio intermediario	I1, I2, I4, B1, B2											
	T3.4	Desarrollo del sitio de comercio electrónico intermediario	I1, I2, I3, I4, IP, B1, B2											
4 Trasn. Tecnológica	T4.1	Transferencia tecnológica	I1, I2, I3, I4, IP, B1, B2											

Tabla 6.1. Planificación temporal del proyecto de investigación CoUSAL

6.5 Propuesta 2: Iniciación de una línea de productos sobre herramientas software para células CIM

En la industria manufacturera las células CIM (*Computer Integrated Manufacturing*) ocupan un papel fundamental para la realización automática de una tarea compleja que antes era realizada por los operadores humanos para la obtención de un determinado producto. Sin embargo, en la realidad, como señala [Olsson y Piani, 1992], no aparecen aplicaciones CIM genéricas y completas para la automatización global de una planta manufacturera. Esto se achaca a la falta de estructuración por cuanto, frente a otras industrias de procesos como la química, la de manufacturación no dispone aún de estándares para formular la estructura de su producción. En este caso existe una enorme diversificación y es difícil establecer criterios de comportamiento para el control integrado. Solamente existen soluciones limitadas para máquinas de control numérico, robots o células concretas de producción.

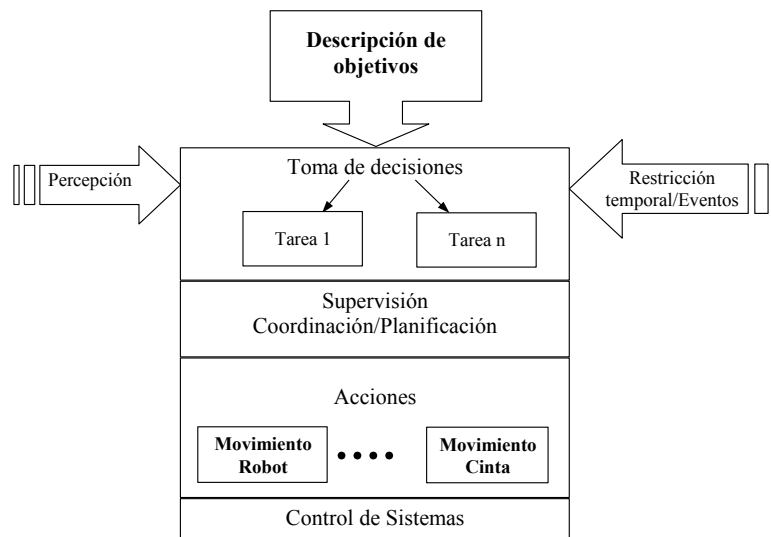


Figura 6.3. Estructura jerárquica de una célula CIM genérica

En cuanto a la consecución de un objetivo CIM global, los trabajos de investigación y desarrollo se centran en proponer diferentes soluciones tecnológicas que pretenden aportar diferentes capacidades de integración, coordinación, optimización, control supervisado, seguridad, reconfigurabilidad, comportamiento inteligente... Para obtener todas o algunas de estas capacidades se está trabajando actualmente en campos como planificación y coordinación de tareas, robótica, sistemas en tiempo real, control de sistemas... La mejora en las condiciones de operación requiere, por tanto, la incorporación de un grado creciente de inteligencia y un comportamiento flexible, encaminados, en definitiva, a lograr una actuación autónoma en la célula y un objetivo general de integración de sistemas. En la Figura 6.3 se muestra un modelo jerárquico donde se observa la estructura de las diferentes tareas a realizar en una célula CIM

genérica. No aparecen todos los niveles de decisión presentes en un modelo global CIM, pero su estructura es aplicable a cualquier caso concreto dentro de una planta de manufacturación.

De forma natural el funcionamiento en una célula CIM tiene un carácter distribuido y heterogéneo, debido a que cada componente tiene asociado un elemento de procesamiento (procesadores dedicados, ordenadores, autómatas programables...). En la práctica, esta característica queda oscurecida dado que el controlador es un autómata industrial que adolece de rigidez. Tradicionalmente, en el entorno industrial, los autómatas programables se han ocupado del control y la sincronización de las secuencias de operaciones de cada elemento individual para realizar el ciclo regular de la célula. Su construcción robusta y su sencillez en la programación han potenciado su utilización durante varias décadas y son en la actualidad la alternativa más empleada. A pesar de las ventajas que presentan los autómatas programables, dada su limitación en el procesamiento de datos, es necesario el uso de computadores en ciertas situaciones donde se necesita una gran versatilidad. De hecho, ambos sistemas pueden aparecer juntos y cooperar mutuamente [Groover et al., 1989].

A la hora de aportar comportamientos más flexibles e inteligentes es necesario disponer de un controlador software que, de forma distribuida, gestione los componentes de la célula, permitiendo contar con nuevas prestaciones. Este controlador software se encargará de la coordinación de todos los elementos de la célula y, por tanto, se requiere de mecanismos de comunicación potentes que aseguren unos requisitos temporales así como de fiabilidad.

La existencia de diferentes tareas computacionales hace asimismo surgir la necesidad de utilizar políticas de diseño de software que permitan su implementación de la forma más independiente posible de las plataformas, así como una integración de diferentes paradigmas de desarrollo, pero cumpliendo unos elevados requisitos de robustez y comportamiento en tiempo real. Adicionalmente, cabe constatar el papel cada vez más importante que tiene el mantenimiento y evolución de las aplicaciones que soportan el funcionamiento de las plantas, que tiene sus implicaciones asimismo en las políticas de diseño de software.

Siempre que la flexibilidad, la facilidad de evolución y la independencia de los medios físicos sean premisas que aparecen en la definición de un determinado sistema de información, la labor de diseño se hace mucho más compleja.

Si a todo lo anterior se añade la importancia de poder adaptar el sistema de información a diferentes contextos con el menor esfuerzo posible, parece apropiado invertir en el esfuerzo de definición de una línea de productos que recoja la arquitectura básica del sistema de información.

Una línea de productos consiste en una arquitectura software básica, un conjunto de elementos reutilizables y un conjunto de productos derivados de la utilización de dichos elementos reutilizables [Bass et al., 1999].

Sin embargo, las líneas de productos son en sí mismas elementos sumamente complejos que requieren un esfuerzo ingente de trabajo tanto en el plano técnico – definición arquitectónica [Jacobson et al., 1997; Bosch, 2000], desarrollo, uso e instanciación – como en el plano organizativo – dimensión de negocio y organización [Bass et al., 2000] – que aleja a muchas organizaciones de esta forma de reutilización, porque no pueden permitirse ni el esfuerzo ni la inversión necesarios para iniciar una línea de productos.

En este proyecto de investigación se pretende iniciar una línea de productos en el área de las células CIM, que permita el desarrollo con reutilización de aplicaciones CIM para la industria manufacturera.

En la iniciación de esta línea de productos se cuenta con dos pilares básicos: la experiencia del Grupo de Robótica del Departamento de Informática y Automática de la Universidad de Salamanca, y un modelo estructural de elemento reutilizable de grano grueso, denominado Mecano [García, 2000b]

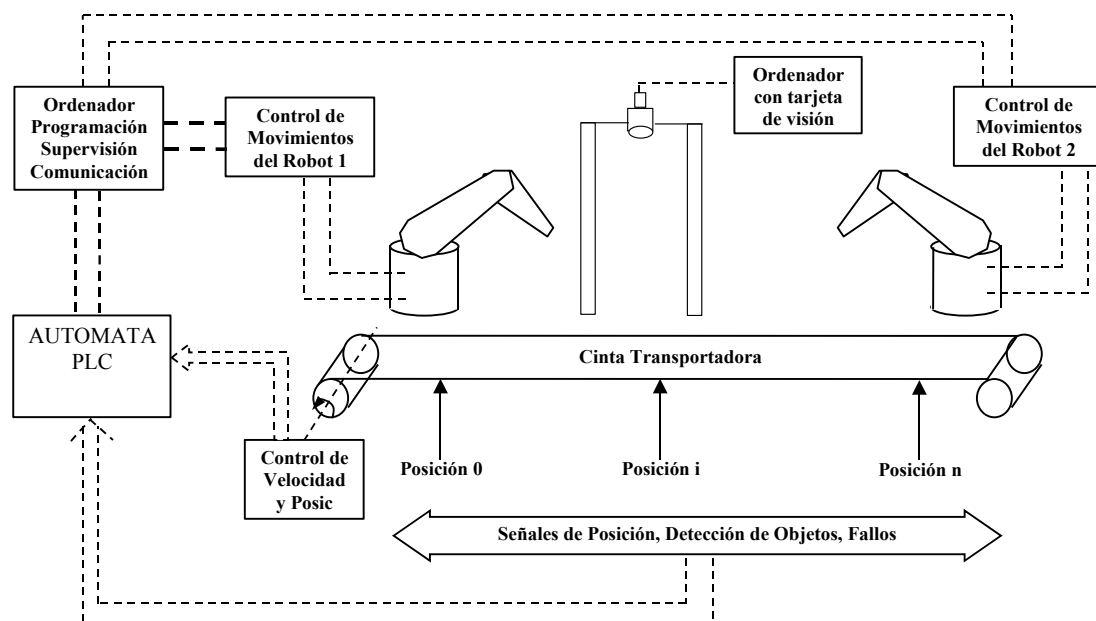


Figura 6.4. Elementos de la célula CIM piloto

El diseño del software base que nutrirá inicialmente la línea de productos se hará para una planta tipo disponible para el Grupo de Robótica. En esta planta tipo existen diversos elementos, como son dos robots tipo PUMA, una cinta transportadora, un autómata programable, una carta

de ejes, varios ordenadores personales, un sistema de adquisición de imágenes con una cámara entre otros, como se puede apreciar en la Figura 6.4.

6.5.1 Estado del arte

En esta sección se realizan algunos comentarios sobre la situación actual en relación con el proyecto de investigación propuesto, trabajos relacionados y mención a la bibliografía más relevante sobre el tema.

Aunque el objetivo del proyecto está en la iniciación de una línea de productos, primeramente, y de forma muy sucinta, se revisa el estado del arte de las materias relacionadas en la realización de este proyecto de investigación.

Así, se comienza con la planificación de tareas que se encuentra en los niveles más altos de la jerarquía y que es necesaria para dotar de flexibilidad a una célula genérica CIM. De forma más particular, y dado que los robots son los elementos que aportan un mayor grado de flexibilidad e inteligencia, se analiza las técnicas involucradas en conseguir un comportamiento inteligente, centrándose en la aplicación de procedimientos de generación automática de trayectorias. Teniendo en cuenta que se deben mantener los requerimientos de fiabilidad necesarios en las aplicaciones industriales, se repasan las bases más importantes del campo de los sistemas en tiempo real, así como los correspondientes a los sistemas de comunicaciones avanzados. Esto se debe a que, de forma natural, en una célula aparecen los sistemas distribuidos heterogéneos. Así, aunque se tengan resueltos los problemas de comunicación, la programación distribuida juega un papel de gran trascendencia atendiendo a las ventajas potenciales que pueden originar los estándares basados en la programación orientada a componentes. Finalmente, se introduce la reutilización sistemática del software, para dar paso a la aproximación de reutilización que aquí interesa, las líneas de productos.

6.5.1.1 Planificación de tareas

En un entorno CIM formado por diferentes subsistemas es fundamental decidir las operaciones que deben ejecutarse y su secuencia de ejecución. Para ello se necesitan unas capacidades de razonamiento y planificación más altas que las que aparecen en el resto de los niveles de la jerarquía. Es una línea de investigación en la que aún faltan resultados generales, pero la Inteligencia Artificial ha producido una gran variedad de métodos que permiten incorporar habilidades de razonamiento para planificar tareas de alto nivel. Estos métodos están disponibles para construir planificadores cuyas salidas son secuencias de operaciones que pueden consistir en la definición de configuraciones objetivo para los robots. Sin embargo, los

planificadores generados con técnicas de Inteligencia Artificial representan tareas utilizando construcciones basadas en la lógica de predicados que permite incorporar poca información sobre aspectos como la geometría o relaciones temporales.

Así, es necesario realizar una labor de modelado de sistemas complejos donde se pueda incorporar toda la información, que con el anterior planteamiento presentaba dificultades. Es en este punto donde las redes de Petri [Peterson, 1977; Peterson, 1981; Silva, 1985] pueden proporcionar una solución a este problema. En este sentido, dada la creciente complejidad de los automatismos y computadores que aparecen como subsistemas que interactúan (sistemas concurrentes), se plantea la utilización de las redes como herramienta de modelado y, así, poder realizar el análisis que puede permitir la validación y optimización de los resultados de la planificación. Aportan una valiosísima capacidad de representación gráfica y soportan una potente teoría de la validación. Algunas variantes de las Redes de Petri, como son las denominadas Redes de Petri Coloreadas [Jensen, 1997a; Jensen, 1997b; Jensen, 1997c] son especialmente adecuadas para el modelado de sistemas distribuidos complejos y adicionalmente pueden ser utilizadas para realizar simulaciones del comportamiento del sistema, que permitirán, a su vez, la validación del diseño del mismo.

6.5.1.2 Robótica

La utilización de robots en los entornos industriales tiene ya una larga tradición, fundamentalmente, en la industria manufacturera, en la que el modo de funcionamiento básico se realiza con movimientos previamente programados. Sin embargo, el uso de robots en una célula de fabricación flexible utilizando este tipo de funcionamiento limita en gran medida el funcionamiento de la planta, puesto que las posibles tareas a realizar están seriamente restringidas. En este sentido, desde los comienzos de la disciplina se plantea la utilización de técnicas del campo de la Inteligencia Artificial, en busca de la capacidad de generación automática de trayectorias, de manera que un robot pueda moverse de forma autónoma por un entorno sin que se produzcan colisiones.

En la Figura 6.5 se muestra una visión detallada de cómo un sistema robótico incorpora el comportamiento inteligente necesario. A partir de la definición de operaciones a realizar especificada por el planificador de tareas, el subsistema robótico debe proporcionar la capacidad de generación automática de movimientos (*path planning*). Como puede observar, la tarea central es la generación de caminos geométricos que representan el camino. Sin embargo, para que sea posible una planificación más sencilla, sin necesidad de tener en cuenta la descripción geométrica del robot, es conveniente hacer uso del espacio de las configuraciones (C-espacio)

[Lozano-Pérez, 1983], concepto procedente de la mecánica y que permite considerar al robot como un simple punto en este espacio.

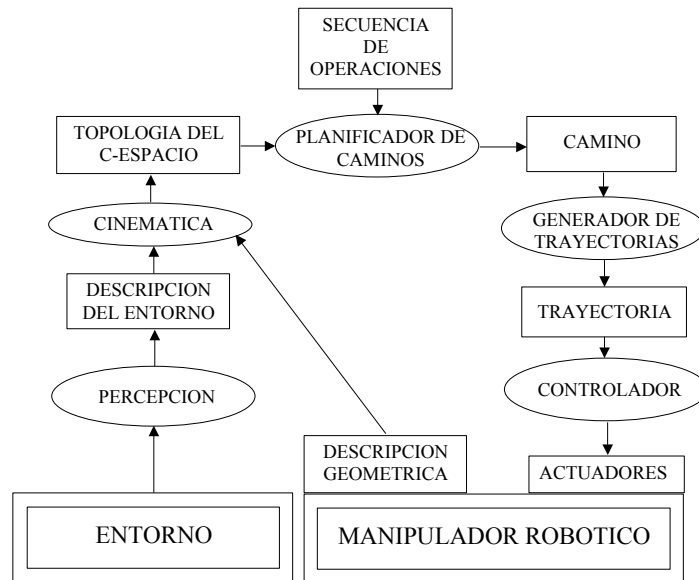


Figura 6.5. Jerarquía de tareas en un sistema robótico inteligente

Como la representación de los obstáculos en el C-espacio requiere de múltiples cálculos cinemáticos, es una tarea con una gran carga computacional. En este sentido, existen diferentes trabajos enfocados en su reducción, entre los que destacan aquéllos en los que se presenta el concepto de convolución entre los obstáculos y el robot [Kavraki 1995; Curto, 1998] utilizando la transformada rápida de Fourier (*Fast Fourier Transform – FFT*) que proporciona una gran optimización. Además, es necesario destacar que en [Curto, 1998] se propone un formalismo general aplicable tanto a robots móviles y articulados.

Por tanto, aunque la obtención del conjunto de configuraciones libres de colisión para los robots articulados es una labor considerablemente complicada, su interés radica en dos aspectos fundamentales como son:

- Los obstáculos se pueden ver como limitaciones en los movimientos del robot. Éstos a su vez se representan como restricciones en las variables de control pues éstas se identifican con los componentes de una configuración.
- Los procedimientos de planificación de trayectorias se ven simplificados porque los procedimientos de generación automática de caminos libres de colisiones utilizan el espacio de las configuraciones como el ambiente en el que se desarrolla el problema de la búsqueda.

En lo que respecta a la tarea principal de generación de caminos, existen un gran número de técnicas utilizadas para este fin [Latombe, 1991]. Estas técnicas abarcan diferentes puntos de vista muy diferenciados:

- Inteligencia Artificial clásica: entendiendo el problema de la búsqueda del camino como un problema de búsqueda de solución, donde cada configuración representa un estado del problema.
- Potenciales: donde se considera una serie de fuerzas ficticias que repelen al robot de los obstáculos y lo acercan hacia su configuración objetivo.
- Computación Evolutiva: también existen trabajos más recientes que utilizan los conceptos nuevos de computación evolutiva, donde destacan en gran medida los algoritmos genéticos dado que se puede considerar como un problema de optimización.

6.5.1.3 Procesamiento paralelo

Dada la complejidad computacional de muchos de los cálculos que se introducen a la hora de resolver algunos de los problemas previamente expuestos, y dadas las limitaciones de tiempo real intrínsecas de la aplicación descrita, en muchos casos la única forma posible de abordar con éxito la resolución del problema es la aplicación de las técnicas de procesamiento paralelo.

De los múltiples modelos de programación paralela [Foster, 1995] que conviven en la actualidad, hay uno que es el más extendido y que mejor encaja en un entorno de procesamiento distribuido: el paso de mensajes. En la actualidad, existen herramientas que permiten desarrollar aplicaciones paralelas utilizando diferentes técnicas para implementar el paso de mensajes en la comunicación entre procesos de computación en una red heterogénea de estaciones de trabajo. Entre ellas cabe destacar MPI (*Message Passing Interface*). Las dos grandes ventajas que presenta la utilización de MPI son: estandarización (MPI se está convirtiendo en el estándar “de facto” para la programación paralela y distribuida con paso de mensajes) y la portabilidad (puede ser ejecutado prácticamente en cualquier plataforma, desde ordenadores personales a supercomputadores, pasando por estaciones de trabajo). Estas dos características posibilitan que el desarrollo de las aplicaciones que se lleven a cabo, no impliquen su utilización restringida a un único y concreto entorno industrial o de investigación, sino que pueda ser fácilmente utilizado en otros entornos.

Algunos de los problemas computacionales susceptibles de ser resueltos mediante las técnicas de procesamiento paralelo mencionadas son: planificación de trayectorias [Henrich, 1997] y cálculos de dinámica y optimización de cálculos de transformadas de Fourier [Tong y

Swartztrauber, 1991]. Debe remarcar que algunos de estos problemas computacionales ya han sido abordados por nuestro grupo de investigación obteniéndose resultados alentadores [Therón et al., 1999].

6.5.1.4 *Sistemas en tiempo real*

En una célula CIM los requisitos de tiempo real se presentan en los diferentes niveles que aparecen en la jerarquía de la Figura 6.3. De forma más inmediata, en el nivel inferior la ejecución de los diferentes lazos de control, utilizando microcontroladores, tiene unas fuertes restricciones temporales; en el caso de los robots el control de posición y velocidad de las articulaciones. También en los niveles superiores, la ejecución de las diferentes acciones (trayectorias del robot, movimientos de la cinta...), la coordinación y la supervisión necesitan cumplir unos plazos temporales y reaccionar ante la aparición de determinados eventos. Aparecen por tanto las dos formas de ejecución en tiempo real: periódicas y no periódicas. Esto tiene su influencia en la propuesta y definición de las herramientas o los planificadores con los que llevar a cabo la implementación de las tareas de computación.

Para conseguir este objetivo resulta fundamental que el sistema operativo que se vaya a utilizar cumpla con las exigencias de los requisitos temporales de las citadas tareas. A diferencia de los sistemas operativos de propósito general, cuyo objetivo fundamental es mejorar el comportamiento en el caso medio, los sistemas operativos de tiempo real tienen como objetivo mejorar el comportamiento en el peor caso. Esto es, la corrección del sistema no sólo depende de los resultados lógicos de los algoritmos, sino que también va a depender del momento en el que éstos se producen. Por lo tanto, el sistema operativo de tiempo real [Burns y Wellings, 1997] debe administrar los recursos del ordenador de la forma más adecuada para que todas las tareas puedan cumplir con sus requisitos temporales.

Actualmente existen en el mercado diferentes alternativas que cumplen satisfactoriamente con los requisitos temporales impuestos por la característica de tiempo real. Tanto sistemas comerciales, **VxWorks** (Entorno Tornado, de **WindRiver Systems**), **QNX (QNX Software Systems)**, como sistemas de libre distribución como **RT-Linux** o **RT-Mach**. La mayoría de éstos proporcionan una arquitectura especialmente diseñada para poder cumplir con las exigencias de las tareas de tiempo real, ofreciendo distintos tipos de planificación de tareas, lo que permite construir sistemas que se ajustan mejor a las necesidades de cada problema. Además, en algunos casos, ofrecen todo un conjunto de herramientas de gran ayuda en el desarrollo de aplicaciones, como son: compiladores cruzados (para diferentes arquitecturas hardware), depuradores, entornos gráficos, adaptación a estándares (extensiones de tiempo real POSIX 1003.1B, ANSI C, entorno de red TCP/IP, CORBA, Java, acceso a Internet). Esto

facilita la integración en sistemas heterogéneos..., de manera que en muchas ocasiones un factor relevante en la elección será, precisamente, la cantidad y la calidad de estas herramientas. Por ejemplo, **VxWorks** ofrece la posibilidad de integración con Java y CORBA (**VisiBroker**), pero de forma totalmente adaptada a las estrictas características de un sistema de tiempo real, de manera que los hilos de Java se corresponden exactamente con tareas de tiempo real, permitiendo así un estricto control de las mismas por parte del planificador.

6.5.1.5 *Sistemas de comunicaciones y computación distribuida*

Los requisitos que se originan con la incorporación de módulos computacionales hacen que sea totalmente necesaria la generación y el manejo de información, lo que a su vez exige vías de comunicación entre los diferentes dispositivos inteligentes que intervienen en el proceso. Por lo tanto, las comunicaciones constituyen un elemento fundamental en los nuevos entornos de fabricación, constituidos en general por una gran cantidad de dispositivos de control inteligentes, que deben trabajar de forma coordinada. Se ha de garantizar en todo momento la disponibilidad y la accesibilidad de la información.

Dentro de un sistema de comunicaciones existen diversos niveles que se utilizan dependiendo de los requisitos temporales. Así, para la conexión de ordenadores es factible utilizar redes de tipo *Ethernet*, que no garantizan las comunicaciones en tiempo real. Sin embargo, en otro nivel se encuentran los buses de campo que cubren de forma satisfactoria las necesidades temporales requeridas.

La utilización de un sistema basado en bus [Olsson y Piani, 1992] es muy común en aplicaciones de automatización, ya que en él se pueden conectar de forma fácil y eficiente sensores, actuadores, autómatas programables... Existen numerosas alternativas en este sector sin que ninguna parezca liderar completamente el mercado. Los más extendidos son: **Profibus**, **Fieldbus**, **Modbus** y **DeviceNet**. Cada uno de ellos presenta diferentes características en cuanto a tipo de cableado, velocidades, posibilidad de asignar prioridades, protocolos de comunicaciones...

En cuanto a las posibilidades de conexión remota, el mercado ha convertido a Internet en un estándar de facto. Sus protocolos de red se encuentran ampliamente extendidos y la gama de productos (tarjetas, *routers*, *switches*...) es muy extensa, así resulta muy sencillo la contratación de servicios y líneas de comunicación.

El rendimiento de los modernos sistemas de computación distribuida depende en gran medida de los servicios de red que se utilizan para mover información de un nodo a otro. Sin embargo, curiosamente, la evolución de estos servicios está siendo más lenta que la evolución

del resto de los elementos que integran el entorno en el que se construyen los sistemas de computación. Esto hace referencia tanto al hardware implicado (computadores, conmutadores, *routers*...) como al software utilizado (sistemas operativos, protocolos, lenguajes de programación...). Esta lenta evolución no es atribuible ni a la falta de necesidades ni a la ausencia de ideas innovadoras. El problema principal se encuentra en que el cambio o creación de nuevos protocolos de red es una tarea lenta y dificultosa.

Una línea de investigación que trata de paliar estos problemas son las redes activas [Tennenhouse et al., 1997; Tennenhouse y Wetherall, 1996], que proporcionan una interfaz usuario/red programable con la capacidad de soportar modificaciones dinámicas en el comportamiento de la misma. Las redes activas representan un paso fundamental en la evolución de las redes de conmutación de paquetes, desde los dispositivos tradicionales de encaminamiento de paquetes hacia una funcionalidad más general que soporta el control y la modificación dinámica del comportamiento de la red. Las redes activas permiten a las aplicaciones inyectar de forma dinámica programas en los nodos locales y en los del resto de la red de área ancha.

Las redes son *activas* [Tennenhouse et al., 1996] desde dos puntos de vista. Para los *routers* y *switches* de la red, se plantea dotarlos de nuevas funcionalidades para que puedan actuar sobre ella; por ejemplo, realizando cálculos sobre el flujo de datos de usuario que pasan a través de ellos. Desde el punto de vista de los usuarios, éstos pueden programar la red cargando sus propios programas para la realización de tareas específicas; por ejemplo, el usuario puede especificar a un *router* que ejecute un determinado algoritmo de compresión durante el procesado de sus paquetes. No obstante, la idea subyacente y fundamental en las redes activas es estandarizar un modelo de comunicación en lugar de protocolos de comunicación individuales. De esta forma se pretende lograr un consenso en la comunidad de investigación para estandarizar un modelo computacional en los nodos activos (conjunto de instrucciones y recursos disponibles) que proporcione una interfaz de programación de aplicaciones común.

La aplicación de tecnologías de redes activas en el caso concreto de una célula CIM puede permitir el desarrollo de nuevos protocolos específicos que contribuyan a un rendimiento más óptimo de todo el sistema de comunicaciones. Así, por ejemplo, la detección de fallos en las comunicaciones y la reacción a los mismos puede permitir mejorar las necesarias características de fiabilidad en las comunicaciones de una célula.

6.5.1.6 Programación de sistemas distribuidos

El sistema de información asociado a una célula CIM es un claro ejemplo de sistema distribuido, donde cada elemento constituyente tendrá asignada una parte de funcionalidad de dicho sistema de información, y de forma cooperativa interactuará con las demás partes para conseguir la funcionalidad general.

Todavía siendo grandes las ventajas ofrecidas por las aplicaciones distribuidas, éstas no están exentas de problemas, entre los que cabría mencionar su mayor dificultad de definición, desarrollo, entendimiento y mantenimiento. Para superar esta dificultad intrínseca a los sistemas distribuidos se justifica la aplicación de la tecnología de objetos en el desarrollo de los mismos.

Ante esta necesidad nacen diferentes propuestas encaminadas al establecimiento de un modelo estándar de componentes distribuidos basado en el paradigma objetual; siendo algunas de las más relevantes **CORBA** [Mowbray y Zahavi, 1995; Siegel, 1996; Aklecha, 1999; Henning y Vinoski, 1999; Hoque, 1999; Siegel, 2000; OMG, 2001], **DCOM** [Microsoft, 1996] o **RMI** [Orfali y Harkey, 1997; SUN, 2002].

De todas ellas CORBA (*Common Object Request Broker Architecture*) es la que mejor se ajusta a la problemática que presenta una célula CIM porque es un *framework* para objetos distribuidos que especifica los estándares necesarios para el intercambio de mensajes entre objetos residentes en entornos heterogéneos. Por entorno heterogéneo se está haciendo referencia a aquéllos en los que las plataformas que lo configuran aparecen máquinas de muy diversa procedencia (UNIX, Windows, Macintosh...), interconectados por un sistema de red y donde los objetos que colaboran pueden estar implementados en diferentes lenguajes. CORBA solventa toda la problemática de estos entornos definiendo un modelo objeto propio [OMG, 2001], que será independiente de los lenguajes de programación utilizados gracias a la clara separación entre la interfaz y la implementación de los objetos.

6.5.1.7 Reutilización sistemática del software

Para que la reutilización del software ofrezca los beneficios que de ella se esperan, se debe producir un acercamiento sistemático e institucional en su implantación [Griss, 1993; Griss, 1996b] huyendo de una aproximación oportunista, que no dejará más que algunos beneficios muy localizados que no repercutirán en la organización global.

La reutilización sistemática del software es una aproximación de carácter institucional para producir desarrollos en los que los *assets* son intencionadamente creados o adquiridos para ser reutilizables [Griss, 1993].

La primera propuesta de adopción de un proceso de reutilización sistemática del software para mejorar la productividad y la calidad en el desarrollo del software data del año 1968 [McIlroy, 1976]. Sin embargo, y a pesar de los numerosos estudios y trabajos llevados a cabo en este campo, no se han conseguido grandes avances en la adopción sistemática por parte de las organizaciones de la reutilización en el proceso de construcción de software [Biggerstaff, 1992; Mili et al., 1995]. Esta realidad, unida a la necesidad de las organizaciones de mejorar la productividad y la calidad de los cada vez más complejos desarrollos de software, han provocado que en los últimos tiempos la reutilización constituya una de las principales líneas de investigación y desarrollo dentro del campo de la Ingeniería del Software. Una confirmación de este hecho viene dada por los proyectos ESPRIT de la Unión Europea relacionados con la reutilización sistemática del software, entre los que cabe citar los siguientes: ITHACA (*Integrated Toolkit for Highly Advanced Computers Application*) [Ader et al., 1990] (ESPRIT projects 2121, 2705 y 6343); F³ (*From Fuzzy to Formal*) [Castano y Antonellis, 1994; Antonellis y Pernici, 1995] (ESPRIT III project 6621); REBOOT (*REuse Based on Object-Oriented Techniques*) [Karlsson, 1995] (ESPRIT III 7808) y EUROWARE (*Enabling Users to Reuse Over Wide AREAs*) [Sema, 1996] (ESPRIT 8947) proyectos englobados en el proyecto SER ESPRIT project 9809 [SER, 1996].

En el ámbito de la reutilización del software, hay que distinguir dos grandes líneas de investigación: el desarrollo para reutilización y el desarrollo con reutilización [Karlsson, 1995]. El desarrollo para reutilización aborda los problemas derivados de la preparación y calificación de elementos software, de cualquier nivel de abstracción, para que puedan ser reutilizados en proyectos diferentes a aquél en el que se generaron. El desarrollo con reutilización hace referencia a los elementos técnicos y metodológicos relacionados con la construcción de nuevos productos software mediante la utilización de elementos software existentes y reutilizables.

Elementos software reutilizables

La reutilización del software fue inicialmente concebida como la combinación de componentes de código almacenados en una biblioteca mediante herramientas automatizadas. Trabajos posteriores dieron lugar a la aparición de diferentes tecnologías, enfoques y extensiones del concepto de producto software reutilizable, existiendo diferentes clasificaciones de los mismos [Jones, 1984; Krueger, 1992; Mili et al., 1995]. En una primera aproximación, y de forma muy esquemática, todos estos desarrollos relacionados con la reutilización del software se pueden clasificar basándose en el objeto y en el método de reutilización usado.

Atendiendo al método de reutilización, se puede distinguir entre tecnologías de composición y tecnologías de generación. Las primeras tienen un enfoque de bloques de

construcción y las segundas abordan la reutilización desde un enfoque generador o procesador reutilizable. Desde el punto de vista del objeto reutilizable, en la actualidad se considera que todo el conocimiento y productos derivados de la producción del software, son susceptibles de ser reutilizados en la construcción de nuevos sistemas software [Freeman, 1987]. Surge así un nuevo concepto para reflejar el alcance actual de la reutilización, el *asset*. Un *asset* se define como “*cualquier producto del ciclo de vida del software que pueda ser potencialmente reutilizado. Esto incluye: modelo de dominio, arquitectura de dominio, requisitos, diseño, código, bases de datos, esquemas de bases de datos, documentación, manuales de usuario, casos de prueba...*” [DoD, 1992].

Los beneficios de la reutilización de estos *assets* se ven aumentados si se reutilizan los *assets* subsiguientes derivados de estos *assets* de alto nivel de abstracción [Cybulski, 1996; Cybulski et al., 1997]. Contar con un elemento software reutilizable complejo, definido en diferentes niveles de abstracción simultáneamente, es un factor que potenciará la reutilización del software y en consecuencia los beneficios derivados de ésta. Surgen así los elementos software reutilizables de grano grueso, tales como los mecanos [García, 2000b], los *application frames* [Ader et al., 1990] o los *frameworks* [Wirfs-Brock y Johnson, 1990].

Repositorios para la reutilización del software

Uno de los factores claves del éxito o fracaso del proceso de construcción de software soportado por la reutilización, es la existencia de un entorno que permita una clasificación y recuperación de componentes rápida y efectiva. La función principal de este tipo de entornos es la de servir de enlace entre el desarrollo para la reutilización, donde se producen los componentes, y el desarrollo con reutilización, donde los componentes son reutilizados. Por lo tanto, el entorno debe estar formado no solamente por el repositorio de componentes reutilizables, sino que debe incorporar las estructuras, procesos y herramientas que automaticen total o parcialmente los procesos de reutilización.

En consonancia con esta idea, la mayoría de los repositorios desarrollados a partir de proyectos de investigación o de iniciativas comerciales, incorporan el soporte metodológico junto con sus correspondientes herramientas para el almacenamiento, clasificación y recuperación de *assets*. La utilización de la flexibilidad y el poder que ofrece la tecnología web puede aprovecharse para crear un entorno que dé soporte al desarrollo con reutilización y para la reutilización de forma distribuida a través de Internet [Trump, 1997].

Aunque inicialmente el concepto de repositorio se corresponde con una simple base de datos para el almacenamiento de *assets*, éste ha ido evolucionando hacia el concepto de

biblioteca de reutilización propugnado por el DoD (*Department of Defense*) de EEUU y los estándares de la OTAN para reutilización [NATO, 1992], donde la idea básica es que las bibliotecas de reutilización son modelos más aplicaciones o servicios [Wallnau, 1992].

Uno de los entornos más representativos de esta categoría de repositorios es **ASSET** (*Asset Source for Software Engineering Technology*). ASSET es una división de SAIC (*Science Applications International Corporation*), que ofrece una forma de comercio electrónico basado en web. Dentro de ASSET se encuentra la biblioteca WSRD (*Worldwide Software Resource Discovery*) que es una biblioteca de software libre y comercial, que está en continuo crecimiento, y que está centrada en artefactos del ciclo de vida del software, así como en documentos sobre desarrollo y reutilización.

El proyecto **EEC-ESPRIT II ITHACA** (*Integrated Toolkit for Highly Advanced Computers Applications*) [Ader et al., 1990] se llevó a cabo entre 1989 y 1992 con el objetivo de establecer un entorno de desarrollo software soportado en dos bases fundamentales: la orientación a objeto y la reutilización. El entorno almacena y publica para su reutilización los objetos semánticos, los objetos de diseño y los objetos de implementación dentro del SIB (*Software Information Base*) [Constantopoulos et al., 1992]. El SIB consiste en un conjunto de objetos que representan información del software en diferentes niveles de abstracción (requisitos, diseño y código) organizada en descripciones. La estructura de cada descripción depende del modelo utilizado en cada caso. Un modelo de descripción es un conjunto de metaclasses que representan entidades, las relaciones entre dichas entidades y la semántica específica asociada a la forma en que sus instancias se interrelacionan. El SIB establece una red semántica con las descripciones software. Cada descripción es un nodo en la red; y los enlaces representan las dependencias, correspondencias, relaciones semánticas, transformaciones y enlaces hipermedia a documentación [Bellinzona et al., 1993].

Ostertag, Hendler, Prieto-Díaz y Braun [Ostertag et al., 1992] presentan una biblioteca llamada AIRS (*AI-based Reuse System*). Este sistema se basa en un enfoque híbrido, que incluye un enfoque de facetas [Prieto-Díaz, 1989] y de redes semánticas. El método de recuperación se basa en la computación de métricas de similitud que permiten comparar tanto componentes como paquetes.

El proyecto **REBOOT** (*REuse Based on Object-Oriented Techniques*) [Karlsson, 1995; SER, 1996] es un proyecto europeo ESPRIT III #7808, desarrollado dentro del SER ESPRIT Project #9809. El principal objetivo de este proyecto es crear un marco metodológico y organizador para implantar la reutilización como un método habitual en las organizaciones en las que se desarrolla software. Además del enfoque metodológico, REBOOT aporta un modelo

de componente software reutilizable, que sirve como marco de referencia para la implementación práctica de algunos repositorios. Para hacer factible la reutilización, los *assets* deben estar almacenados en el repositorio junto con la información necesaria que permita su recuperación, la evaluación de su ajuste a los requisitos buscados, y facilite su adaptación e integración en el sistema global si fuera necesario. El modelo de componente software reutilizable tiene como objetivo describir la información que se necesita almacenar junto al *asset*. La clasificación de un *asset* es la información que se guarda junto con el *asset* y que sirve de ayuda para la identificación y recuperación del mismo. Es la información en que se basa el desarrollador con reutilización para buscar un *asset*. La relación entre la clasificación y el componente es de uno a varios. Esto significa que varios componentes pueden tener la misma clasificación.

El proyecto **EUROWARE** (*Enabling Users to Reuse Over Wide AREAs*) [Sema, 1996; SER, 1996] es el proyecto ESPRIT #8947, desarrollado dentro del proyecto SER ESPRIT #9809. EUROWARE es un conjunto de aplicaciones, construidas sobre la base de REBOOT, e integradas en un servidor web que permite que clientes remotos, conectados a una red TCP/IP, tengan acceso a los *assets* almacenados en el repositorio para su reutilización.

El repositorio **RIB** (*Repository In a Box*) de NHSE (*National HPCC Software Exchange*) (<http://www.nhse.org/RIB>), es un conjunto de herramientas para la creación de repositorios software que puedan compartir información a través de Internet. RIB presenta una extensión del BIDM (*Basic Interoperability Data Model*) que es el estándar de IEEE 1420.1 [IEEE, 1995], para la catalogación de software en Internet. El BIDM ha sido desarrollado por el RIG (*Reuse Library Interoperability Group*) [NHSE, 1997].

El proyecto **RBSE** (*Repository Based Software Engineering*) [Eichmann, 1995; Eichmann et al., 1995] es un proyecto de investigación desarrollado en el *Research Institute for Computing and Information Systems* de la Universidad de Houston, y que tiene como objetivo crear un mecanismo de transferencia de tecnología para mejorar las capacidades en ingeniería del software de la NASA, dando soporte a la reutilización del software mediante un repositorio. Este proyecto tiene dos ramas principales: la iniciativa de ingeniería de reutilización y la iniciativa de repositorio. La parte de ingeniería de reutilización se basa en dos pilares que son el ISC (*Information Systems Contract*) y el proyecto ROSE (*Reusable Object Software Engineering*). La parte de repositorio descansa sobre MORE (*Multimedia Oriented Repository Environment*) que ofrece todo un sistema de gestión de repositorio. Como caso concreto o instancia de MORE se ha desarrollado ELSA (*Electronic Library Services and Applications*) que expande la vista tradicional de biblioteca software con la adquisición, clasificación,

almacenamiento y mantenimiento de todo tipo de *assets*, con la potencia añadida que otorga la hipermedia dentro de un entorno web.

La biblioteca de reutilización GIRO (<http://www.infor.uva.es>) [Hernández et al., 2001] ha sido desarrollada por el grupo GIRO en el proyecto de investigación MENHIR (CICYT - TIC97-0593-C05-05). La base fundamental del modelo de reutilización propuesto en este repositorio está constituida por un elemento reutilizable de grano grueso con soporte simultáneo de varios niveles de abstracción, que recibe el nombre de mecano. El modelo de reutilización y la estructura de componente reutilizable propuestos están exhaustivamente expuestos y defendidos en [García, 2000b].

Para un estudio más pormenorizado de las bibliotecas de reutilización se recomienda el estudio de [Mili et al., 1998].

Ingeniería de dominio

La ingeniería de dominio surge como una evolución de la reutilización sistemática del software basada en modelos donde las arquitecturas software juegan un papel ampliamente destacado.

La reutilización del software dentro de un dominio de aplicación pasa por el descubrimiento de elementos comunes a los sistemas pertenecientes a dicho dominio. Cuando se utiliza este enfoque se está produciendo un cambio de un desarrollo orientado a un único producto software a un desarrollo centrado en varios productos que comparten unas características formando una familia. Esto provoca una reestructuración del proceso software de forma que surgen dos procesos distintos: *la ingeniería de dominio* y *la ingeniería de aplicación*.

La ingeniería de dominio se centra en el desarrollo de elementos reutilizables que formarán la familia de productos, mientras que la ingeniería de aplicación se orienta hacia la construcción o desarrollo de productos individuales, pertenecientes a la familia de productos, y que satisfacen un conjunto de requisitos y restricciones expresados por un usuario específico, reutilizando, adaptando e integrando los elementos reutilizables existentes y producidos en la ingeniería de dominio.

La ingeniería de dominio se puede definir como el proceso clave que se necesita para el diseño sistemático de una arquitectura y de un conjunto de elementos software reutilizables que pueden ser usados en la construcción de una familia de aplicaciones relacionadas o subsistemas. Es el proceso sistemático que incorpora criterios de negocio y produce un soporte racional, modelos y arquitecturas que permiten tomar mejores decisiones, llevar un registro del dominio, obtener nuevas versiones y mejorar el proceso de desarrollo gracias al conocimiento que se tiene del sistema [Griss, 1996a; Griss et al., 1998].

El objetivo fundamental de la ingeniería de dominio es la optimización del proceso de desarrollo del software en un espectro de múltiples aplicaciones que representan un negocio común o problema de dominio [Simos et al., 1996].

La ingeniería de dominio ofrece un conjunto de modelos de referencia que describen el dominio, identificando las arquitecturas y los componentes que permitirán el desarrollo de aplicaciones dentro de él. Además, ofrece la base de conocimiento adecuada para comprender el espacio del problema definido por el software presente en el dominio. Es, por tanto, una parte clave en la consecución de una arquitectura y un conjunto de elementos reutilizables que reúnan la calidad suficiente para confiar en ellos.

La ingeniería de dominio tiene sus orígenes en los trabajos de James M. Neighbors sobre reutilización basada en generación a través del paradigma Draco [Neighbors, 1984] a principios de la década de los ochenta. Desde entonces se han publicado varias aproximaciones que incluyen un amplio rango de métodos y procesos, tanto formales como informales, para llevar a cabo las diferentes actividades en que se descompone la ingeniería de dominio, para capturar y representar información sobre sistemas que comparten un conjunto común de características y datos. Entre las diversas propuestas existentes en la ingeniería de dominios cabe destacar como las más representativas a FODA (*Feature-Oriented Domain Analysis*) [Kang et al., 1990], OODA (*Object Oriented Domain Analysis*) [Cohen y Northrop, 1998], ODM (*Organization Domain Modeling*) [Simos, 1995; Simos et al., 1996], DAGAR (*Domain Architecture-based Generation for Ada Reuse*) [Klingler y Solderitsch, 1996], FORM (*Feature-Oriented Reuse Method*) [Kang, 1998; Kang et al., 1998; Lee et al., 2000], FeatureRSEB (*Feature Reuse-Driven Software Engineering Business*) [Griss et al., 1998] y FODAcum [Vici y Argentieri, 1998].

Actualmente, una de las formas de ingeniería de dominio que más éxito está teniendo es la organización de los dominios en las llamadas líneas de productos.

Líneas de productos

La reutilización del software es uno de los objetivos fundamentales dentro de la Ingeniería del Software. Ya en los últimos años de la década de los sesenta, la idea de construir sistemas mediante la composición de componentes software fue presentada como solución a la afamada crisis del software por M. D. McIlroy [McIlroy, 1976]. Durante la década de los setenta se propugnó la reutilización de los módulos, mientras que en los años ochenta la influencia del paradigma orientado a objetos hizo que la clase se convirtiera en la unidad de reutilización. Sin embargo, todas estas tendencias fallaban en conseguir un enfoque sistemático de reutilización porque daban lugar a iniciativas individuales, frecuentemente realizadas a pequeña escala.

Con estos enfoques se deja de lado la reutilización de elementos software de mayor grano, que pueden corresponderse con partes significativas de los sistemas a construir, y además suelen necesitar de una adaptación de muchos de sus aspectos. Para solucionar este apartado surgen los *frameworks* [Wirfs-Brock y Johnson, 1990] y la programación orientada a componentes [Szyperski, 1998] como aproximaciones a la reutilización del software.

No obstante, aunque con estas construcciones el proceso de reutilización mejora en cuanto a alcance y nivel de abstracción soportado, siguen sin obtenerse los beneficios esperados, entre otras cosas porque el enfoque exclusivamente ascendente que se deriva de la composición de estos elementos falla en la práctica [Bosch, 2000].

Surgen así las líneas de productos como una de las aproximaciones más prometedoras en el campo de la reutilización al conjugar elementos de grano grueso, como son las arquitecturas software y los componentes, con un enfoque descendente y sistemático, en el que los componentes software se integran en una estructura arquitectónica de mayor nivel.

El concepto de línea de productos tiene su origen en las escuelas de negocio en la década de los ochenta, con un claro objetivo económico mediante el desarrollo sinérgico de productos [Knauber y Succi, 2001].

Existen numerosas definiciones de línea de productos en la bibliografía [Sonnemann, 1995; Cohen et al., 1995; Bass et al., 1997; Bosch, 2000; Griss, 2000], pero en este proyecto se va a tomar como referencia al concepto de línea de productos la siguiente: “*Una línea de productos es un conjunto de sistemas software que comparten un conjunto de características común y gestionado, que satisface las necesidades específicas de un segmento de mercado y que son desarrollados a partir de un conjunto central de assets de una forma establecida*” [SEI, 2001].

Un concepto que está muy íntimamente relacionado con las líneas de productos es el de familia de productos. Así, una familia de productos se puede definir como: “el conjunto de productos diferentes que pueden ser producidos desde un diseño común, *assets* compartidos y mediante un proceso de ingeniería de aplicaciones. La pertenencia a este conjunto depende de la abstracción que unifica los *assets* en un sistema que funciona: una arquitectura, las reglas físicas o de negocio, o la plataforma hardware” o como “el conjunto de productos que comparten una plataforma común, pero tiene características y funcionalidad requeridas por el cliente”.

Una línea de productos no necesita construirse como una familia de productos, aunque es la forma de obtener los mayores beneficios. Además, una familia de productos no necesita constituir una línea de productos si los productos resultantes tienen poco en común en términos de mercado o de sus características.

Una línea de productos no es un grupo de productos producidos por una única unidad de negocio. Puede esperarse que haya una gran correlación entre las líneas de productos y las unidades de negocio, pero conceptualmente son cosas distintas. Una unidad de negocio se forma por razones de organización o financieras, y puede ser responsable de una o más líneas de productos; mientras que una línea de productos comparte y gestiona un conjunto común de características que satisfacen las necesidades específicas de un mercado seleccionado. Teóricamente, líneas de productos provenientes de diferentes unidades de negocio pueden mezclarse para formar una “super línea de productos”.

Siguiendo con las diferencias, una línea de productos tampoco es sinónimo de dominio. Mientras que un dominio es un cuerpo especializado de conocimiento, un área de experiencia o una colección de funcionalidad relacionada, la línea de productos hace referencia a los sistemas software que comparten las características particulares de un sector de mercado. Por ejemplo, en el caso de las telecomunicaciones, el dominio de las telecomunicaciones es el conjunto de problemas relacionados con las telecomunicaciones, que puede estar formado por otros subdominios tales como protocolos, telefonía, redes... Por otro lado, una línea de productos de telecomunicaciones es un conjunto específico de sistemas que tratan algunos de esos problemas.

En [Bosch, 2000] se describen tres dimensiones en las que se pueden descomponer los conceptos involucrados en las líneas de productos, estas dimensiones son: 1) Arquitectura, componente y sistema; 2) Negocio, organización, proceso y tecnología; y 3) Desarrollo, instanciación y evolución.

La primera dimensión divide el dominio de la línea de productos de acuerdo a sus *assets* principales que son parte del desarrollo basado en reutilización, esto es, *arquitectura*, *componentes* y *sistema*. Esta aproximación se presenta también en [Jacobson et al., 1997], recibiendo el nombre de *ingeniería de familia de aplicaciones*, *ingeniería del sistema de componentes* e *ingeniería de aplicación respectivamente*.

La segunda dimensión está relacionada con las diferentes vistas de una organización: *negocio*, *organización*, *proceso* y *tecnología*. En diferentes reuniones de investigación, relacionadas con las líneas de productos, se ha utilizado la descomposición de esta dimensión [Clements, 1997; Bass et al., 1997; Bass et al., 1998; Bass et al., 1999; Bass et al., 2000].

La tercera dimensión se centra en el ciclo de vida de cada uno de los *assets* de la organización, distinguiéndose los siguientes aspectos: *desarrollo*, *instanciación* y *evolución*.

El inicio de una línea de productos supone una considerable inversión de tiempo, esfuerzo y dinero, de forma que aunque prometa numerosos beneficios, se encuentra con la reticencia natural de las organizaciones, especialmente las más pequeñas, a dicha inversión.

En [Bosch, 2000] se distinguen dos formas de iniciar una línea de producto en relación con el dominio, bien existe una base para la línea de productos formada por una familia de productos previamente desarrollados y una experiencia explícita en el desarrollo de estos productos, o bien se quiere empezar una línea de productos desde cero.

El enfoque que se va a seguir en este proyecto de investigación, es partir de la experiencia de un grupo de investigación en el terreno de las aplicaciones software para células CIM, y sobre este conocimiento, organizar el software desarrollado [González et al., 2000; García et al., 2000; González, 2001; Curto et al., 2001] en una línea de productos, cuya arquitectura base se diseña desde cero.

6.5.2 Objetivos del proyecto

El objetivo general de este proyecto es iniciar una línea de productos en el sector de las células CIM, que canalice y organice la experiencia en este campo del Grupo de Robótica del Departamento de Informática y Automática de la Universidad de Salamanca, de forma que en un futuro próximo se puedan realizar nuevas aplicaciones en este dominio utilizando técnicas de ingeniería de aplicación, para obtener así los beneficios de la reutilización del software en estos desarrollos.

Como se va a comprobar a través de los objetivos que se plantean a continuación, este proyecto de investigación tiene un carácter aplicado y puede enmarcarse en el ámbito de las Tecnologías Avanzadas de la Producción, aunque los avances se puedan extender al campo de las Tecnologías de la Información. En cuanto a su interés socio-económico en la Comunidad Autónoma hay que destacar su aplicabilidad a la industria manufacturera y, en especial, a las empresas relacionadas con el sector automovilístico, que tiene un indudable peso específico en la realidad socio-económica de Castilla y León. No obstante, cualquier industria con procesos productivos orientados a eventos discretos podría mejorar las condiciones de operación con la utilización de la línea de productos que se pretende iniciar.

A continuación se van a enumerar los objetivos concretos que se persiguen en este proyecto. Éstos se concretan en diferentes soluciones en pro de cumplir el objetivo global planteado:

1. Hacer un estudio del dominio de las células CIM.

No se puede pretender abordar la puesta en marcha de una línea de productos sin haber delimitado previamente el contexto de la misma.

En el caso concreto de este proyecto, como ya se ha mencionado con anterioridad, el campo de trabajo es el de las células CIM, y aquí el grupo de investigación tiene un amplio bagaje que habrá que organizar en pro de establecer los límites y el alcance de la línea de productos que se quiere iniciar.

El objetivo último será la **organización del conocimiento que se tiene sobre el dominio de aplicación donde se va a circunscribir la línea de productos.**

2. Definición de un lenguaje de patrones software para células CIM.

El diseño de la arquitectura base de la línea de productos a construir es una de las tareas críticas en pro de la consecución de los requisitos no funcionales y restricciones de diseño del sistema, sobre los que recaen las características relacionadas con la distribución, comportamiento en tiempo real, flexibilidad, independencia de plataforma...

Para llevar a cabo esta actividad se recurrirá al empleo de diferentes patrones de diseño, adaptándolos en la mayoría de las ocasiones a las circunstancias del problema aquí tratado, pudiéndose incluso definir nuevos patrones.

El objetivo último será **definir un lenguaje de patrones adaptados y preparados para su utilización en el contexto del diseño de software para células CIM.**

3. Instalación de un repositorio de reutilización.

El repositorio es el elemento de soporte a la reutilización, y por lo tanto imprescindible en un proyecto de estas características.

Motores de repositorios hay muchos tanto comerciales como de libre distribución, pero dado que se van a utilizar mecanos para soportar las líneas de productos, se necesita un repositorio con soporte para ellos, o en último caso para elementos reutilizables de grano grueso. En este caso la mejor opción es utilizar el repositorio GIRO (<http://www.infor.uva.es>) [Hernández et al., 2001].

Así, el objetivo último será **instalar y configurar un repositorio interno basado en el motor de repositorios GIRO.**

4. Herramientas software de soporte (comportamiento en tiempo real).

El desarrollo de este proyecto requiere de un conjunto de herramientas de software para culminar con el objetivo final. Entre ellas hay que considerar la instalación y puesta en marcha del software necesario para la implementación de los componentes basados en CORBA, donde será necesario realizar las modificaciones pertinentes para un comportamiento en tiempo real sobre las peticiones de servicio que se realicen sobre los objetos distribuidos.

Otro esfuerzo será necesario para que las comunicaciones aporten las condiciones de predecibilidad necesarias para cumplir con los requisitos de tiempo real totales (*end-to-end*). En este sentido se plantea la utilización de técnicas del campo de las redes activas para conseguir este objetivo. Finalmente, la utilización de un soporte de sistema operativo de tiempo real es el que finalmente podrá garantizar la fiabilidad necesaria del producto final, por lo que será la plataforma donde desarrollar los diferentes *drivers*, protocolos, planificadores...

Así, el objetivo último será **establecer el entorno software y hardware de soporte al sistema donde se va a iniciar la línea de productos.**

5. Definición de una línea de productos software en célula de fabricación.

El conocimiento de los problemas relacionados con las células de fabricación, así como de las aportaciones teóricas para abordar sus soluciones, unido al gran esfuerzo para el diseño e implementación de un software flexible, altamente configurable y fácilmente extensible, justifican que el producto final de este trabajo no sea un “simple” sistema software, sino una línea de productos establecida en el dominio de aplicación del software para células de fabricación.

En dicha línea de productos queda embebido todo el conocimiento del problema, con una arquitectura de carácter distribuido donde sus elementos reutilizables, en forma de mecos, posibilitan la fácil extensión y evolución del sistema software, así como su sencilla adaptación a diferentes configuraciones de células en distintos entornos industriales.

Así, el objetivo último será **iniciar una línea de productos en el dominio de las células CIM.**

6.5.3 Metodología y plan de trabajo

Para la consecución de los objetivos planteados en el presente proyecto, se ha dividido el mismo en una serie de tareas agrupadas por afinidades y asignadas a los miembros del equipo de investigación (formado por seis investigadores). La coordinación interna estará a cargo del

responsable del proyecto y se llevará a cabo mediante la realización de una sesión quincenal de control de resultados.

Está prevista la incorporación de un Becario de Investigación que realice labores de soporte al mismo tiempo que se inicia en la investigación y realiza sus Tesis Doctoral.

A continuación se describe, por objetivos y tareas, con detalle de resultados esperados y plazos de ejecución, la planificación del proyecto.

Modulo 1. Configuración de la planta tipo

Duración

3 meses (desde año 1, mes 1 hasta año 1, mes 3)

Descripción

En este bloque de tareas se pretende configurar el entorno de trabajo donde se va a llevar a cabo el grueso de la investigación y los desarrollos relacionados con las células CIM

Resultados esperados

- Adquisición y configuración de los elementos hardware
- Adquisición y configuración de los elementos software
- Instalación y configuración del motor de repositorio

Plan de trabajo (descomposición en tareas)

TAREA: Establecimiento de los elementos hardware de la planta tipo

CÓDIGO: T1.1

COMIENZO: Año 1, mes 1

FINAL: Año 1, mes 3

RESPONSABLE: Investigador 1

ENTRADAS: Ninguna

DESCRIPCIÓN: Adquisición de los elementos hardware necesarios y puesta a punto de la planta tipo

PARTICIPANTES: Investigador 2, Investigador 3, Investigador 4, Becario

TAREA: Establecimiento de los elementos software de la planta tipo

CÓDIGO: T1.2

COMIENZO: Año 1, mes 1

FINAL: Año 1, mes 3

RESPONSABLE: Investigador 4

ENTRADAS: Informes de la tarea T1.1

DESCRIPCIÓN: Adquisición de los elementos software necesarios y puesta a punto de los mismos

PARTICIPANTES: Investigador 1, Investigador 2, Investigador 3, Becario

TAREA: Instalación y configuración del repositorio GIRO

CÓDIGO: T1.3

COMIENZO: Año 1, mes 1

FINAL: Año 1, mes 3

RESPONSABLE: Investigador Principal

ENTRADAS: Ninguna

DESCRIPCIÓN: Se instalará y configurará el motor de repositorios GIRO para su posterior utilización en el Módulo 2

PARTICIPANTES: Investigador 5, Becario

Modulo 2. Iniciación de la línea de productos para las células CIM

Duración

15 meses (desde año 1, mes 4 hasta año 2, mes 6)

Descripción

En este bloque de tareas se inicia la línea de productos. Como la organización donde se pone en marcha es un grupo de investigación pequeño, y el esfuerzo de iniciar una línea de productos es grande, se va a seguir un proceso ligero, adaptado a las necesidades y objetivos del grupo, y donde se van a relajar ciertos aspectos organizativos. Aunque este módulo se va expresar de forma secuencial, tendrá lugar de forma iterativa e incremental

Resultados esperados

- Definición de un proceso ligero para la iniciación de líneas de productos
- Definición, diseño e implementación de una línea de productos básica, compuesta por una arquitectura base y un conjunto de componentes, en el dominio de las células CIM
- Almacenamiento de los *assets* que forman la línea de productos en el repositorio en forma de mecanos

Plan de trabajo (descomposición en tareas)

TAREA: Definición del dominio

CÓDIGO: T2.1

COMIENZO: Año 1, mes 4

FINAL: Año 1, mes 6

RESPONSABLE: Investigador Principal

ENTRADAS: Aplicaciones, bibliografía, artículos...

DESCRIPCIÓN: El propósito básico de esta fase es seleccionar el dominio propiamente dicho, apropiadamente enfocado y alineado con una estrategia más amplia dentro de los intereses de la organización

PARTICIPANTES: Investigador 1, Investigador 2, Investigador 4

TAREA: Ingeniería de requisitos para la línea de productos

CÓDIGO: T2.2

COMIENZO: Año 1, mes 6

FINAL: Año 1 mes 11

RESPONSABLE: Investigador Principal

ENTRADAS: Informes T2.1

DESCRIPCIÓN: En los requisitos de una línea de productos se ven reflejados requisitos de todos los productos que forman esa línea de productos, incluso de aquellos que todavía no han sido desarrollados. Por tanto, además de la información que representa un requisito, interesa conocer la variabilidad de éstos y las dependencias de obligatoriedad o exclusión entre ellos. Para representar esta información se recurre a representaciones jerárquicas de los requisitos

PARTICIPANTES: Investigador 1, Investigador 2, Investigador 4

TAREA: Definición de la arquitectura de referencia

CÓDIGO: T2.3

COMIENZO: Año 1, mes 9

FINAL: Año 2, mes 2

RESPONSABLE: Investigador Principal

ENTRADAS: Informes T2.1, T2.2

DESCRIPCIÓN: Una vez que los requisitos de la línea de productos han quedado establecidos, éste es el paso más crítico en la iniciación de la línea de productos, pues esta arquitectura base o de referencia será reutilizada en todos y cada uno de los productos que nutrirán la línea de productos. No obstante, el diseño de la arquitectura de referencia es probablemente el aspecto más creativo del proceso, y por tanto el menos sujeto a normalización. Su definición está condicionada por la experiencia del arquitecto y el tipo de producto que se construye. En dominios bien estudiados, el uso de arquitecturas clásicas como cliente-servidor, por ejemplo, será suficiente, pero en otras situaciones será necesaria toda la capacidad inventiva del

arquitecto. En cualquier caso, es preferible diseñar desde cero pensando en su reutilización, pues el resultado es más óptimo, además de ser normalmente un proceso más rápido, que si se intenta evolucionar la arquitectura de alguno de los productos ya existentes

PARTICIPANTES: Investigador 1, Investigador 3, Investigador 5, Becario

TAREA: Desarrollo de los componentes

CÓDIGO: T2.4

COMIENZO: Año 1, mes 12

FINAL: Año 2, mes 4

RESPONSABLE: Investigador 1

ENTRADAS: Resultados de las tareas T2.1, T2.2, T2.3

DESCRIPCIÓN: El diseño e implementación de la línea de productos, o más propiamente dicho de la arquitectura de la misma, continua con el diseño de un conjunto de componentes que completen esa arquitectura de referencia. Estos componentes pueden diseñarse desde cero, aunque también pueden incorporar el código legado de los productos ya existentes, bien aplicando diversas técnicas de diseño para reutilización o bien realizando envoltorios que ofrezcan interfaces acordes con el diseño arquitectónico, pero que hagan uso de elementos ya existentes

PARTICIPANTES: Investigador 2, Investigador 4, Investigador 5, Becario

TAREA: Población del repositorio

CÓDIGO: T2.5

COMIENZO: Año 2, mes 2

FINAL: Año 2, mes 6

RESPONSABLE: Investigador 5

ENTRADAS: Resultados de las tareas T2.1, T2.2, T2.3, T2.4

DESCRIPCIÓN: El repositorio o biblioteca de reutilización ofrece el soporte operativo para el almacenamiento y gestión de los elementos de la línea de productos, mecos en esta propuesta

PARTICIPANTES: Investigador 2, Becario

Modulo 3. Transferencia tecnológica

Duración

6 meses (desde año 2, mes 7 hasta año 2, mes 12)

Descripción

Se realizará la transferencia tecnológica de los resultados de los otros módulos a medida que la madurez de las tecnologías desarrolladas lo permita, con aplicación a situaciones reales

Resultados esperados

- Realización de productos que nutran la línea de productos

Plan de trabajo (descomposición en tareas)

TAREA: Transferencia tecnológica

CÓDIGO: T3.1

COMIENZO: Año 2, mes 7

FINAL: Año 2, mes 12

RESPONSABLE: Investigador 2

ENTRADAS: Línea de productos base

DESCRIPCIÓN: Se realizarán desarrollos de células CIM basadas en la línea de productos iniciada para empresas colaboradoras

PARTICIPANTES: Todo el equipo

En la Tabla 6.2 se resume el plan de trabajo del presente proyecto de investigación.

6.6 Referencias

- [Adam et al., 1996] Adam, N., Yesha, Y., Awerbuch, B., Bennet, K., Blaustein, B., Brodsky, A., Chen, R., Dogramaci, O., Grossman, B., Holowczak, R., Johnson, J., Kalpakis, K., McCollum, C., Neches, A.-L., Neches, B., Rosenthal, A., Slonim, J., Wactlar, H., Wolfson, O., Yesha, Y. “*Strategic Directions in Electronic Commerce and Digital Libraries: Towards a Digital Agora*”. ACM Computing Surveys 28(4):818-835. December 1996.
- [Ader et al., 1990] Ader, M., Nierstrasz, O., McMahon, S., Muller, G., Pröfrock, A.-K. “*The ITHACA Technology: A Landscape for Object-Oriented Application Development*”. In proceedings of ESPRIT’90 Conference. Kluwer Academic Publisher, 1990.
- [Aklecha, 1999] Aklecha, V. “*Object-Oriented Frameworks Using C++ and CORBA. Gold Book*”. Coriolis Technology Press, 1999.
- [Antonellis y Pernici, 1995] Antonellis, V. de, Pernici, B. “*Reusing Specifications through Refinement Levels*”. Data and Knowledge Engineering, 15(2):109-133. April 1995.
- [Ardissono et al., 1999] Ardissono, L., Barbero, C., Goy, A., Petrone, G. “*An Agent Architecture for Personalized Web Stores*”. In Proceedings of the Third International Conference on Autonomous Agents – AGENTS’99. (Seattle, WA, USA, 1999). Pages 182-189. ACM Press, 1999.
- [Ardissono y Goy, 2000] Ardissono, L., Goy, A. “*Tailoring the Interaction With Users in Web Stores*”. User Modeling and User-Adapted Interaction, 10(4):251-303. Kluwer Academic Publishers. 2000.
- [Armstrong y Durfee, 1998] Armstrong, A., Durfee, E. “*Mixing and Memory: Emergent Cooperation in an Information Marketplace*”. In Proceedings of the Third International Conference on Multi-Agent Systems ICMA’98. Pages 34-41. 1998.
- [Baron et al., 2000] Baron, J. P., Shaw, M. J., Bailey, A. D. Jr. “*Web-based E-catalog Systems in B2B Procurement*”. Communications of the ACM, 43(5):93-100. May 2000.
- [Bailey y Bakos, 1997] Bailey, J., Bakos, Y. “*An Exploratory Study of Emerging Role of Electronic Intermediaries*”. International Journal of Electronic Commerce, 1(3):7-20. Spring 1997.
- [Bakos, 1991] Bakos Y. “*A Strategic Analysis of Electronic Marketplace*”. MIS Quarterly, 15(4):295-310. December 1991.
- [Bakos, 1998] Bakos, Y. “*The Emerging Role of Electronic Marketplaces on the Internet*”. Communications of the ACM, 41(8):35-42. August 1998.
- [Bass et al., 1997] Bass, L., Clements, P., Cohen, S., Northrop, L. M., Withey, J. “*Product Line Practice Workshop Report*”. Technical Report CMU/SEI-97-TR-003 (ESC-TR-97-003), Software Engineering Institute. Carnegie Mellon University, Pittsburgh, Pennsylvania 15213 (USA). 1997.

- [Bass et al., 1998] Bass, L., Chastek, G., Clements, P., Northrop, L. M., Smith, D., Withey, J. “*Second Product Line Practice Workshop Report*”. Technical Report CMU/SEI-98-TR-015 (ESC-TR-98-015), Software Engineering Institute. Carnegie Mellon University, Pittsburgh, Pennsylvania 15213 (USA). 1998.
- [Bass et al., 1999] Bass, L., Campbell, G., Clements, P. C., Northrop, L., Smith, D. “*Third Product Line Practice Workshop Report*”. Technical Report CMU/SEI-99-TR-03 (ESC-TR-99-003), Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA 15213 (USA).
- [Bass et al., 2000] Bass, L., Clements, P., Donohoe, P., McGregor, J., Northrop, L. “*Fourth Product Line Practice Workshop Report*”. Technical Report CMU/SEI-2000-TR-002 (ESC-TR-2000-002), Software Engineering Institute. Carnegie Mellon University, Pittsburgh, Pennsylvania 15213 (USA). 2000.
- [Bellinzona et al., 1993] Bellinzona, R., Fugini, M. G., de Mey, V. “*Reuse of Specifications and Designs in a Development Information System*”. In Prakash, N., Rolland, C., Percini, B. (Editors), *Information System Development Process*. Pages 79-96. Amsterdam. North-Holland, 1993.
- [Benjamin y Wigand, 1995] Benjamin, R., Wigand, R. “*Electronic Markets and Virtual Value Chains on the Information Highway*”. *Sloan Management Review*, 36(2):62-72. Winter 1995.
- [Bertoletti y da Rocha, 1999] Bertoletti, A. C., da Rocha Costa, C. “*SAGRES – A Virtual Museum*”. In *Proceedings of Museums and the Web*. (New Orleans, LA, USA). 1999.
- [Bichler, et al., 1998] Bichler, M., Segev, A., Beam, C. “*An Electronic Broker for Business-To-Business Electronic Commerce on the Internet*”. *International Journal of Cooperative Information Systems*, 7(4):315-330. 1998.
- [Biggerstaff, 1992] Biggerstaff, T. J. “*An Assessment and Analysis of Software Reuse*”. In M. C. Yovits (Editor). *Advances in Computers*, 34:1-57. Academic Press, Inc. 1992.
- [BOCG, 2001] Boletín Oficial Cortes Generales. “*Ley Orgánica de Universidades*”. Congreso de los Diputados. Serie A. Núm. 45-13. Páginas 463-495. 26 de diciembre de 2001.
- [BOE, 1983] Boletín Oficial del Estado de 1 de Septiembre de 1983; Ley Orgánica 11/1983, de 25 de agosto, de reforma universitaria.
- [Borrego et al., 2001] Borrego, I., Hernández, M. J., García, F. J., Curto, B., Moreno, V., Hernández, J. A. “*Arquitectura Automatizada de Comercio Electrónico*”. Actas del 2º Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador – Interacción 2001. J. Abascal, F. J. García, A. B. Gil (Eds.). (16-18 de mayo de 2001, Salamanca). Páginas 423-427. Ediciones Universidad de Salamanca. Colección Aquilafuente, Nº 19. 2001.
- [Bosch, 2000] Bosch, J. “*Design & Use of Software Architectures. Adopting and Evolving a Product-Line Approach*”. Addison-Wesley, 2000.

- [Bray et al., 2000] Bray, T., Paoli, J., Sperberg-MacQueen, C. M. “*Extensible Markup Language (XML) 1.0*” (Second Edition). World Wide Web Consortium Recommendation October 2000. <http://www.w3c.org/TR/2000/REC-xml-20001006>. 2000.
- [Brusilovsky, 1996] Brusilovsky, P. “*Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia*”. User Modeling and User Adapted Interaction, 6(2/3):87-129. 1996.
- [Brusilovsky, 2001] Brusilovsky, P. “*Adaptive Hypermedia*”. User Modeling and User Adapted Interaction, 11(1/2):87-110. 2001.
- [Brusilovsky y Cooper, 1999] Brusilovsky, P., Cooper, D. W. “*ADAPTS: Adaptive Hypermedia for a Web-based Performance Support System*”. In Proceedings of Second Workshop on Adaptive Systems and User Modeling on WWW at 8th International World Wide Web Conference and 7th International Conference on User Modeling. (Toronto, Canada, 1999). Computer Science Report 99-07, Eindhoven University of Technology. Pages 41-47. 1999.
- [Burns y Wellings, 1997] Burns, A., Wellings, A. “*Real-Time Systems and Programming Languages*”. Addison-Wesley, 1997.
- [Buxmann y Gebauer, 1998] Buxmann, P., Gebauer, J. “*Internet-based Intermediaries – The Case of the Real Estate Market*”. In Proceedings of the 6th European Conference on Information Systems – ECIS’98. (Aix-en-Provence, France, June 4-6, 1998). 1998.
- [Carmel y Markovitch, 1998] Carmel, D., Markovitch, S. “*How to Explore Your Opponent’s Strategy (almost) Optimally*”. In Proceedings of the Third International Conference on Multi-Agent Systems ICMA’98. Pages 64-71. 1998.
- [Casati y Shan, 2001] Casati, F., Shan, M.-C. “*Dynamic and Adaptive Composition of E-Services*”. Information Systems, 26(3):143-163. May 2001.
- [Castano y Antonellis, 1994] Castano, S., Antonellis, V. de. “*The F3 Reuse Environment for Requirements Engineering*”. ACM Software Engineering Notes, 19(3). 1994.
- [Clements, 1997] Clements, P. “*Report of the Reuse and Product Lines Working Group of WISR8*”. Special Report CMU/SEI-97-SR-010, Software Engineering Institute. Carnegie Mellon University, Pittsburgh, Pennsylvania 15213 (USA). 1997.
- [Cohen et al., 1995] Cohen, S. G., Friedman, S., Martin, L., Solderitsch, N., Webster, R. “*Product Line Identification for ESC-Hanscom*”. Special Report CMU/SEI-95-SR-024, Software Engineering Institute. Carnegie Mellon University, Pittsburgh, Pennsylvania 15213 (USA). 1995.
- [Cohen y Northrop, 1998] Cohen, S. G., Northrop, L. M. “*Object-Oriented Technology and Domain Analysis*”. In Proceedings of the Fifth International Conference on Software Reuse, ICSR-5, (June 2-5, 1998, Victoria, B.C., Canada). Pages 86-93. IEEE-CS, 1998.

- [Constantopoulos et al., 1992] Constantopoulos, P., Jarke, M., Mylopoulos, J., Vassiliou, Y. “*The Software Information Base: A Server for Reuse*”. ITHACA.FORTH.92.E2#1, FORTH Computer Science Institute, Iraklion (Greece). 1992.
- [Corchado, 2001] Corchado, J. M. “*CBR-BDI Agents for an E-commerce Environment*”. In Proceedings of the Workshop On Object-Oriented Business Solutions – WOOBS’01. Celebrated under the auspices of the 15th European Conference on Object-Oriented Programming ECOOP’01. R. Corchuelo, A. Ruiz, J. Mühlbacher, J. D. García-Consuegra editors. (Budapest, Hungary, June 18-19, 2001). Pages 13-22. 2001.
- [Corradi et al., 1999] Corradi, A., Cremonini, M., Montanari, R., Stefanelli, C. “*Mobile Agents Integrity for Electronic Commerce Applications*”. Information Systems, 24(6):519-533. 1999.
- [Curto, 1998] Curto, B. “*Formalismo Matemático para la Representación de Obstáculos en el Espacio de las Configuraciones de un Robot*”. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca. Septiembre, 1998.
- [Curto et al., 2001] Curto, B., García, F. J., Moreno, V., González, J., Moreno, Á. M^a. “*An Experience of a CORBA Based Architecture for Computer Integrated Manufacturing*”. In Proceedings of 8th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation – ETFA 2001. (Antibes – Juan les Pins, France, October 15-18, 2001). Pages 765-769. IEEE Press, 2001.
- [Cybulski, 1996] Cybulski, J. L. “*Introduction to Software Reuse*”. Technical Report 96/4. Department of Information Systems. University of Melbourne, 1996.
- [Cybulski et al., 1997] Cybulski, J. L., Neal, R. D., Kram, A., Allen, J. C. “*Report on the Reuse of Early Life-Cycle Artefacts*”. WISR-8; 8th Annual Workshop on Software Reuse/Working Group #5. 1997.
- [Chavez y Maes, 1996] Chavez, A., Maes, P. “*Kasbah: An Agent Marketplace for Buying and Selling Goods*”. In Proceedings of the First International Conference on the Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology. (London, United Kingdom, 1996). Pages 75-90. IEE, 1996.
- [Chircu y Kauffman, 1999a] Chircu, A. M., Kauffman, R. J. “*Analyzing Firm-level Strategy for Internet-focused Reintermediation*”. In Proceedings of the 32nd Hawaii International Conference on System Science. Sprague, R. H. (editor). IEEE-CS Press. 1999.
- [Chircu y Kauffman, 1999b] Chircu, A. M., Kauffman, R. J. “*Strategies for Internet Middlemen in the Intermediation / Disintermediation / Reintermediation Cycle*”. Electronic Markets – The International Journal of Electronic Commerce and Business Media, 9(2):109-117. May 1999.

- [Chircu y Kauffman, 2000] Chircu, A. M., Kauffman, R. J. “*Reintermediation Strategies in Business-To-Business Electronic Commerce*”. International Journal of Electronic Commerce, 4(4):7-42. Fall 2000.
- [DoD, 1992] Department of Defense. “*DoD Software Reuse Initiative Vision and Strategy*”. Technical Report 1222-04-10/40, Department of Defense (DoD Software Reuse Initiative), Falls Church, Va, 1992.
- [Dogac y Cingil, 2001] Dogac, A., Cingil, I. “*A Survey and Comparison of Business-to-Business E-Commerce Frameworks*”. SIGecom Exchanges, Newsletter of the ACM Special Interest Group on E-commerce, 2(2):16-27. Spring 2001.
- [Doorenbos et al., 1997] Doorenbos, B., Etzioni, O., Weld, D. “*A Scalable Comparison-Shopping Agent for the World-Wide Web*”. In Proceedings of the ACM Autonomous Agents’97. (Marina del Rey, USA, 1997). Pages 39-48. ACM Press, 1997.
- [DPTOIA, 2001] Departamento de Informática y Automática. “*Memoria de Actividades*”. Universidad de Salamanca. 2001.
- [Eichmann, 1995] Eichmann, D. “*The Repository Based Software Engineering Program*”. In Proceedings of the Fifth Systems Reengineering Technology Workshop, Monterrey, CA. February 7-9, 1995.
- [Eichmann et al., 1995] Eichmann, D., Price, M., Terry, R. H., Welton, L. L. “*ELSA and MORE: A Library and an Environment for the Web*”. <http://rbse.mountain.net/MOREplus/ELSAandMORE>. 1995.
- [Fingar, 2000] Fingar, P. “*Component-based Frameworks for E-Commerce*”. Communications of the ACM, 43(10):61-66. October 2000.
- [Finin et al., 1995] Finin, T., Labrou, Y., Mayfield, J. “*KQML as an Agent Communication Language*” In *Software Agents*, Bradshaw, J. (Editor). MIT Press, 1995.
- [Finin y Wiederhold, 1991] Finin, T., Wiederhold, G. “*An Overview of KQML: A Knowledge Query and Manipulation Language*”. Stanford University Computer Science Department, 1991.
- [Fink et al., 1998] Fink, J., Kobsa, A., Nill, A. “*Adaptable and Adaptive Information Provision for All Users, Including Disabled and Elderly People*”. The New Review of Hypermedia and Multimedia, 4, 163-188. 1998.
- [FIPA, 2001] FIPA. “*FIPA’2001 Specification 2: Agent Communication Language*”. FIPA. <http://www.fipa.org/>. 2001.
- [Fourie, 1991] Fourie, F. C. v. N. “*The Nature of the Market: A Structural Analysis*”. In *Rethinking Economics – Markets, Technology and Economic Evolution*. Hodgson, G. M., Screpanti, E. (editors). Pages 40-57. Aldershot, 1991.

- [Foisel et al., 1998] Foisel, R., Chevrier, V., Haton, J. “*Modeling Adaptive Organizations*”. In Proceedings of the Third International Conference on Multi-Agent Systems ICMA’98. Pages 427-428. 1998.
- [Foster, 1995] Foster, I. “*Designing and Building Parallel Programs. Concepts and Tools for Parallel Software Engineering*”. Addison-Wesley, 1995.
- [Francisco-Revilla y Shipman, 2000] Francisco-Revilla, L., Shipman, F. M. III. “*Adaptive Medical Information Delivery: Combining User, Task, and Situation Models*”. In Proceedings of 2000 International Conference on Intelligent User Interfaces. (New Orleans, LA, USA, 2000). Pages 94-97. 2000.
- [Freeman, 1987] Freeman, P. “*Reusable Software Engineering: Concepts and Research Directions*”. In P. Freeman (Editor), *Tutorial: Software Reusability*. Pages 10-23. IEEE CS Press, 1987.
- [Froehlich et al., 1999] Froehlich, G., Hoover, H. J., Liew, W., Sorenson, P. G. “*Application Framework Issues when Evolving Business Applications for Electronic Commerce*”. Information Systems, 24(6):457-473. 1999.
- [García, 2000a] García Alonso, D. “*Introducción al estándar FIPA*”. Informe Técnico UCM-DSIP 98-00. Versión 1.0. Departamento de Sistemas Informáticos y Programación, Universidad Complutense de Madrid. Febrero de 2000.
- [García, 2000b] García Peñalvo, F. J. “*Modelo de Reutilización Soportado por Estructuras Complejas de Reutilización Denominadas Mecanos*”. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca. Enero, 2000.
- [García, 2001] García Peñalvo, F. J. “*Docencia Práctica en los Laboratorios de las Ingenierías en Informática Apoyada en Herramientas CASE – Memoria de Resultados*”. Departamento de Informática y Automática, Universidad de Salamanca. Consejería de Educación y Cultura de la Junta de Castilla y León. Noviembre de 2001.
- [García, 2002] García Peñalvo, F. J. “*Herramienta de Autor para el Desarrollo de Material Didáctico Multimedia. Memoria de Resultados del Proyecto SA002/01*”. Departamento de Informática y Automática. Universidad de Salamanca. Enero, 2002.
- [García et al., 2000] García, F. J., Moreno, V., Curto, B., González, J., Moreno, A., Blanco, J. “*Propuesta de una Arquitectura Software Basada en Componentes Distribuidos para una Célula CIM*”. Actas del Primer Taller de Trabajo en Ingeniería del Software basada en Componentes Distribuidos - IScDIS'00, desarrollado dentro de las V Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos, JISBD'2000 (Valladolid, 8-10 de noviembre de 2000). J. García-Molina, J. Hernández, F. Sánchez, D. Sevilla, A. Vallecillo (Editores). Informe Técnico nº TR-12/2000. Dpto. de Informática. Universidad de Extremadura. (<http://webepcc.unex.es/juan/iscdis00/>). Páginas 69-75. Diciembre, 2000.

- [García et al., 2001a] **García, F. J., Borrego, I., Hernández, M. J.** “*Publicación de Catálogos en una Arquitectura de Comercio Electrónico sobre la base de XML*”. Actas del Simposio en Informática y Telecomunicación, SIT’2001 (A Coruña, 12-14 de septiembre de 2001). S. Barro Ameneiro, J. L. Freire Nistal, J. Rivero Laguna (Editores). Páginas 183-195. Serie Actas de Congresos y Reuniones Técnicas. Colección SIT-Simposio en Informática y Telecomunicación. Edita Fundación Dintel. 2001.
- [García et al., 2001b] **García, F. J., Moreno, M^a N., Hernández, J. A.** “*An XML-Based E-Commerce Architecture Proposal*”. In Proceedings of the Workshop On Object-Oriented Business Solutions – WOBS’01. Celebrated under the auspices of the 15th European Conference on Object-Oriented Programming ECOOP’01. R. Corchuelo, A. Ruiz, J. Mühlbacher, J. D. García-Consuegra editors. (Budapest, Hungary, June 18-19, 2001). Pages 109-118. 2001.
- [Genesereth y Ketchpel, 1994] **Genesereth, M. R., Ketchpel, S. P.** “*Software Agents*”. Communications of the ACM, 37(7):48-53,147. July 1994.
- [Gil et al., 2001] **Gil, A. B., García, F. J., Guessoum, Z.** “*Adaptive Agents for E-Commerce Applications*”. Actas de la Reunión de trabajo sobre métodos y herramientas para el desarrollo de aplicaciones de comercio electrónico, ZOCO (Almagro – Ciudad Real, 20 de noviembre de 2001). Páginas 43-52. 2001.
- [Ginige y Murugesan, 2001] **Ginige, A., Murugesan, S.** “*Web Engineering-An Introduction*”. IEEE Multimedia, 8(1):14-18. January-March 2001.
- [Ginsburg et al., 1999] **Ginsburg, M., Gebauer, J., Segev, A.** “*Multi-Vendor Electronic Catalogs to Support Procurement: Current Practice and Future Directions*”. In Proceedings of the Twelfth International Bled Electronic Commerce Conference. (Bled, Slovenia, June 7-9, 1999). 1999.
- [González, 2001] **González, J.** “*Diseño e implementación de componentes distribuidos para una célula CIM*”. Proyecto de Final de Carrera. Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas. Facultad de Ciencias. Universidad de Salamanca. Marzo, 2001.
- [González et al., 2001] **González, J., Curto, B., García, F. J., Moreno, V., Blanco, J.** “*Diseño de un Sistema Distribuido para la Gestión de una Célula CIM*”. Actas del Simposio Español de Informática Distribuida, SEID 2000. Editores S. Barro, J. M^a Busta, J. M. Corchado, P. Cuesta (Ourense, 25-27 de septiembre de 2000). Páginas 127-134. 2000.
- [Glushko et al., 1999] **Glushko, R. J., Tenenbaum, J. M., Meltzer, B.** “*An XML Framework for Agent-based E-commerce*”. Communications of the ACM, 42(3):106-114. March 1999.
- [Griss, 1993] **Griss, M. L.** “*Software Reuse: From Library to Factory*”. IBM System Journal, 32(4):1-23. November 1993.

- [Griss, 1996a] Griss, M. L. “*Domain Engineering and Variability in the Reuse-Driven Software Engineering Business*”. Object Magazine, 6(7). 1996.
- [Griss, 1996b] Griss, M. L. “*Systematic Software Reuse: Architecture, Process and Organization are Crucial*”. Fusion Newsletter. <http://hpl.hp.com/reuse/papers/fusion1.htm>. 1996.
- [Griss, 2000] Griss, M. L. “*Implementing Product-Line Features by Composing Component Aspects*”. In Proceedings of First International Software Product Line Conference. Denver, CO (USA). August 2000.
- [Griss et al., 1998] Griss, M. L., Favaro, J., d’Alessandro, M. “*Integrating Feature Modeling with RSEB*”. In Proceedings of the Fifth International Conference on Software Reuse, ICSR-5, (June 2-5, 1998, Victoria, B.C., Canada). Pages 76-85. IEEE-CS. 1998.
- [Groover et al., 1989] Groover, M., Weiss, M., Nagel, R., Odrey, N. “*Industrial Robotics*”. McGraw Hill, 1989.
- [Guessoum et al., 2001] Guessoum, Z., Quenault, M., Durand, R. “*An Adaptive Agent Model*”. In proceedings of. AIB’S, York, March 2001.
- [Guessoum y Briot, 1999] Guessoum, Z., Briot, J.-P. “*From Active Objects to Autonomous Agents*”. IEEE Concurrency, 7(3):68-76. 1999.
- [Hagel y Singer, 1999] Hgel, J., Singer, M. “*Net Worth: Shaping Markets whwn Customers Make the Rules*”. Harvard Business School Press, 1999.
- [Harting, 2000] Harting, M. C. “*Business-To-Business E-Marketplaces: A Primer*”. KPMG Consulting, 2000.
- [Henning y Vinoski, 1999] Henning, M., Vinoski, S. “*Advanced CORBA Programming with C++*”. Addison Wesley, 1999.
- [Henrich, 1997] Henrich, D. “*Fast Motion Planning by Parallel Processing - A review*”. Journal of Intelligent and Robotic System, 20(1):45-69, 1997.
- [Hernández et al., 2001] Hernández, C., García, F. J., Laguna, M. Á. “*La Biblioteca de Reutilización GIRO*”. Actas de las I Jornadas de Trabajo DOLMEN (Sevilla, 12 y 13 de junio de 2001). Páginas 103-112. Junio, 2001.
- [Hernández et al., 2001] Hernández, M. J., Borrego, I., García, F. J., Curto, B., Moreno, M^a N., Hernández, J. A. “*Herramienta Automatiza para la Generación de Catálogos de Venta en Internet*”. Actas del 2º Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador – Interacción 2001. J. Abascal, F. J. García, A. B. Gil (Eds.). (16-18 de mayo de 2001, Salamanca). Páginas 429-434. Ediciones Universidad de Salamanca. Colección Aquilafuente, N° 19. 2001.

- [Hernández y García, 2001] Hernández Gajate, M. J., García Peñalvo, F. J. “XML y Comercio Electrónico”. Informe Técnico (DPTOIA-IT-2001-002), Universidad de Salamanca (España). <http://tejo.usal.es/inftec/2001/DPTOIA-IT-2001-003.pdf>. Diciembre, 2001.
- [Hirashima et al., 1998] Hirashima, T., Matsuda, N., Nomoto, T., Toyodda, J. “Context-Sensitive Filtering for Browsing in Hypertext”. In Proceedings of International Conference on Intelligent User Interfaces, IUI'98. (San Francisco, CA, USA). Pages 21-28. 1998.
- [Hoque, 1999] Hoque, R. “CORBA for Real Programmers”. Morgan Kaufmann, 1999.
- [IEEE, 1995] IEEE. “IEEE Standard for Information Technology – Software Reuse – Data Model for Reuse Library Interoperability Data Model (BIDM)”. IEEE Std 1420.1, 1995.
- [ISO, 1996] ISO. “The Open-EDI Reference Model”. IS 14662, ISO/IEC JTC1/SC30, International Standards Organization, 1996.
- [Jacobson et al., 1997] Jacobson I., Griss M., Jonsson P. “Software Reuse. Architecture, Process and Organization for Business Success”. ACM Press. Addison-Wesley Longman, 1997.
- [Jensen, 1997a] Jensen, K. “Coloured Petri Nets. Basic Concepts, Analysis Methods and Practical Use. Volume 1”. 2nd edition. Springer Verlag, 1996. Second corrected printing 1997.
- [Jensen, 1997b] Jensen, K. “Coloured Petri Nets. Basic Concepts, Analysis Methods and Practical Use. Volume 2”. 2nd edition. Springer Verlag, 1996. Second corrected printing 1997.
- [Jensen, 1997c] Jensen, K. “Coloured Petri Nets. Basic Concepts, Analysis Methods and Practical Use. Volume 3”. 2nd edition. Springer Verlag, 1996. Second corrected printing 1997.
- [Jones, 1984] Jones, T. C. “Reusability in Programming: A Survey of the State of the Art”. IEEE Transactions on Software Engineering, 10(5):488-494. September 1984.
- [Jörding, 1999a] Jörding, T. “Adaptive Shopping in the Web: Individual Product Presentations for Every Customer”. In Proceedings of HCI International '99 (Munich, Germany, 1999). 1999.
- [Jörding, 1999b] Jörding, T. “Temporary User Modeling for Adaptive Product Presentations in the Web”. In Proceedings of the Seventh International Conference on User Modeling (Banff, Canada. 1999). 1999.
- [Kang, 1998] Kang, K. C. “Feature-Oriented Development of Applications for a Domain”. In Proceedings of the Fifth International Conference on Software Reuse, ICSR-5, (June 2-5, 1998, Victoria, B.C., Canada). Pages 354-355. IEEE-CS, 1998.

- [Kang et al., 1990] Kang, K. C., Cohen, S. G., Hess, J. A., Novak, W. E., Peterson, A. S. “*Feature-Oriented Domain Analysis (FODA). Feasibility Study*”. Technical Report CMU/SEI-90-TR21 (ESD-90-TR-222), Software Engineering Institute, Carnegie-Mellon University, Pittsburgh, Pennsylvania 15213. 1990.
- [Kang et al., 1998] Kang, K. C., Kim, S., Lee, J., Kim, K. “*FORM: A Feature-Oriented Reuse Method with Domain-Specific Reference Architectures*”. *Annals of Software Engineering*, 5:143-168. 1998.
- [Karlsson, 1995] E.-A. Karlsson (Editor). “*Software Reuse. A Holistic Approach*”. John Wiley & Sons Ltd., 1995.
- [Kavraki, 1995] Kavraki, L. E. “*Computation of Configuration-Space Obstacles Using the Fast Fourier Transform*”. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 11(3):408-413, 1995.
- [Kienan, 2000] Kienan, B. “*Small Business Solutions E-Commerce*”. McGraw-Hill, 2000.
- [Klingler y Solderitsch, 1996] Klingler, C. D., Solderitsch, J. “*DAGAR: A Process for Domain Architecture Definition and Asset Implementation*”. In *Proceedings of the Annual International Conference on ADA (TriAda'96)*, (December 3-7, 1996, Philadelphia, PA, USA). Pages 231-245. ACM Press, 1996.
- [Knauber y Succi, 2001] Knauber, P., Succi, G. “*Perspectives on Software Product Lines*”. *ACM Software Engineering Notes*, 26(2):29-33. March 2001.
- [Krueger, 1992] Krueger, C. W. “*Software Reuse*”. *ACM Computing Surveys*, 24(2):131-183. 1992
- [Lang, 1995] Lang, K. “*Newsweeder: Learning to Filter Netnews*”. In *proceedings of the Machine Learning Conference*. Morgan Kaufman, San Francisco, 1995.
- [Laplante, 1998] Laplante, M. “*Making EDI Accessible with XML*”. *EC.COM* 4(2):23-26. March 1998.
- [Latombe, 1991] Latombe, J. C. “*Robot Motion Planning*”. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, 1991.
- [Lee et al., 2000] Lee, K., Kang, K. C., Chae, W., Choi, B. W. “*Feature-Based Approach to Object-Oriented Engineering of Applications for Reuse*”. *Software: Practice and Experience*, 30(9):1025-1046. 2000.
- [Leebaert, 1998] Leebaert, D. (Editor). “*The Future of the Electronic Marketplace*”. The MIT Press, 1998.
- [Lores, 2001] Lores, J. (Editor). “*La Interacción Persona-Ordenador*”. . <http://griho.udl.es/ipo/libroe.html>. Diciembre, 2001.

- [Lozano-Pérez, 1983] Lozano-Pérez, T. “*Spatial Planning: A Configuration Space Approach*”. IEEE Transactions on Computers, 32:108-120, 1983.
- [Ma, 1999] Ma, M. (Guest Editor). “*Agents in E-Commerce*”. Communications of the ACM, 42(3):79-80. March 1999.
- [Maes, 1994] Maes, P. “*Agents that Reduce Work and Information Overload*”. Communications of the ACM, 37(7):31-40,146. July 1994.
- [Maes et al., 1999] Maes, P., Guttman, R. H., Moukas, A. “*Agents that Buy and Sell*”. Communications of the ACM, 42(3):81-91. March 1999.
- [Malone et al., 1987] Malone, T. W., Yates, J., Benjamin, R. I. “*Electronic Markets and Electronic Hierarchies*”. Communications of the ACM, 30(6):484-497. June 1987.
- [Marathe y Diwakar, 2001] Marathe, M., Diwakar, H. “*The Architecture of a One-Stop Web-Window Shop*”. SIGecom Exchanges, Newsletter of the ACM Special Interest Group on E-commerce, 2(1):11-18. Winter 2001.
- [MarketScience, 2000] MarketScience. “*Integration Is the Key to Marketplace Success*”. White Paper. November 2000.
- [Matos et al., 1998] Matos, N., Sierra, C., Jennings, N. “*Determining Successful Negotiation Strategies: An Evolutionary Approach*”. In Proceedings of the Third International Conference on Multi-Agent Systems ICMA’98. Pages 182-189. 1998.
- [Matos y Sierra, 1999] Matos, N., Sierra, C. “*Evolutionary Computing and Negotiation Agents*”. In *Agent Mediated Electronic Commerce*. Noriega, P., Sierra, C. (Editors). Lecture Notes in Computer Science. VOL. 1571. Pages 126-150. Springer-Verlag, 1999.
- [McConnell, 1997] McConnell, S. (Editor). “*The OMG/CommerceNet Joint Electronic Commerce*”. Whitepaper, EC/97-06-09. Object Management Group, 1997.
- [McIlroy, 1976] McIlroy, M. D. “*Mass-produced Software Components*”. In J. M. Buxton, P. Naur, B. Randell (eds.) *Software Engineering Concepts and Techniques* (1968 NATO Conference on Software Engineering). Pages 88-98. Van Nostrand Reinhold, 1976.
- [Menczer y Belew, 1998] Menczer, F., Belew, R. K. “*Adaptive Information Agents in Distributed Textual Environments*”. In Proceedings of the Second International Conference on Autonomous Agents – AGENTS’98. (Minneapolis, MN, USA, 1998). Pages 157-164. ACM Press, 1998.
- [MENHIR, 1998] Grupo MENHIR. “*MENHIR (Modelos, Entornos y Nuevas Herramientas para la Ingeniería de Requisitos)*”. En las actas de las III Jornadas de Investigación y Docencia en Bases de Datos. Editores J. Carlos Casamayor, M. Celma, L. Mota, M^a Á. Pastor (Valencia, 23 de marzo de 1998). Páginas 11-41. 1998.

- [Microsoft, 1996] Microsoft Corporation. “DCOM Technical Overview”. White Paper, Microsoft Developer Network, 1996.
- [Mili et al., 1995] Mili, H., Mili, F., Mili, A. “Reusing Software: Issues and Research Directions”. IEEE Transactions on Software Engineering. 21(6):528-562. June 1995.
- [Mili et al., 1998] Mili, A., Mili, R., Mittermeir, R. T. “A Survey of Software Reuse Libraries”. Annals of Software Engineering, 5:349-414. 1998.
- [Milosavljevic, 1997] Milosavljevic, M. “Augmenting the User’s Knowledge Via Comparison”. In Proceedings of 6th International Conference on User Modeling – UM97. Jameson, A., Paris, C., Tasso, C. (Editors). Pages 119-130. Springer, 1997.
- [Milosavljevic y Oberlander, 1998] Milosavljevic, M., Oberlander, J. “Dynamic Hypertext Catalogues: Helping Users to Help Themselves”. In Proceedings of Ninth ACM International Hypertext Conference – Hypertext’98. (Pittsburgh, USA, 1998). Pages 123-131. 1998.
- [Mowbray y Zahavi, 1995] Mowbray, T. J., Zahavi, R. “The Essential CORBA. Systems Integration Using Distributed Objects”. John Wiley & Sons, 1995.
- [NATO, 1992] NATO. “NATO Standard for Management of a Reusable Software Component Library”. Volume 2 (of 3 Documents). NATO Communications and Information Systems Agency (NACISA). 1992.
- [Neches, 1996] Neches, A.-L. “The Future of Electronic Commerce: A Pragmatic View”. ACM Computing Surveys, 28(4es). December 1996.
- [NHSE, 1997] NHSE. “The Internal Data Format of RIB”. NHSE. October 24, 1997.
- [Neighbors, 1984] Neighbors, J. M. “The Draco Approach to Constructing Software from Reusable Components”. IEEE Transactions on Software Engineering, SE-10(5):564-574. 1984.
- [Not et al., 1998] Not, E., Petrelli, D., Sarini, M., Stock, O., Strapparava, C., Zancanaro, M. “Hypernavigation in the Physical Space: Adapting Presentation to the User and to the Situational Context”. New Review of Multimedia and Hypermedia 4, 33-45. 1998.
- [Olsson y Piani, 1992] Olsson, G., Piani, G. “Computer Systems for Automation and Control”. Herts. Prentice Hall, 1992.
- [Omelayenko, 2001] Omelayenko, B. “Integration of Product Ontologies for B2B Marketplaces: A Preview”. SIGecom Exchanges, Newsletter of the ACM Special Interest Group on E-commerce 2(1):19-25. Winter 2001.
- [OMG, 2001] Object Management Group. “CORBA 2.6 Specification”. Document formal/01-02-35. 2001.

- [Orfali y Harkey, 1997] Orfali, R., Harkey, D. “*Client/Server Programming with Java and CORBA*”. John Wiley & Sons, 1997.
- [Ostertag et al., 1992] Ostertag, E., Hendler, J., Prieto-Díaz, R., Braun, C. “*Computing Similarity in a Reuse Library System: An AI-based Approach*”. ACM Transactions on Software Engineering and Methodology, 1(3):205-228. July 1992.
- [Papaioannou y Edwards, 1998] Papaioannou, T., Edwards, J. “*Mobile Agent Technology in Support of Sales Order Processing in the Virtual Enterprise*”. In Proceedings of the 3rd IEEE/IFIP Int’l Conference on Information Technology for Balanced Automation Systems in Manufacturing. (Prague, Czech Republic, 1998). Pages 275-288. Kluwer Academic Publishers, 1998.
- [Papazoglou, 2001] Papazoglou, M. P. “*Agent-Oriented Technology in Support of E-Business*”. Communications of the ACM, 44(4):71-77. April 2001.
- [Paternò y Mancini, 1999] Paternò, F., Mancini, C. “*Designing Web User Interfaces Adaptable to Different Types of Use*”. In Proceedings of Museums and the Web. (New Orleans, LA, USA). 1999.
- [Pazzani y Billsus, 1997] Pazzani, M. J., Billsus, D. “*Learning and Revising User Profiles: The Identification of Interesting Web Sites*”. Machine Learning, 27:313-331. 1997.
- [Pazzani y Billsus, 1999] Pazzani, M. J., Billsus, D. “*Adaptive Web Site Agents*”. In proceedings of the Third International Conference on Autonomous Agents – AGENTS’99. (Seattle, WA, USA, 1999). Pages 394-395. ACM Press, 1999.
- [Perkowitz y Etzioni, 1998] Perkowitz, M., Etzioni, O. “*Adaptive Web Sites: Automatically Synthesizing Web Pages*”. In Proceedings of AAAI’98. 1998.
- [Peterson, 1977] Peterson, J. “*Petri Nets*”. ACM Computing Surveys 9(3):223-252, 1977.
- [Peterson, 1981] Peterson, J. “*Petri Net Theory and the Modeling of Systems*”. Prentice-Hall, 1981.
- [Pitt y Mamdani, 1999a] Pitt, J., Mamdani, A. “*Designing Agent Communication Languages for Multi-Agent Systems*”. In *Multi-Agent System Engineering MAAMAW’99*, Garijo, F., Boman, M. (Editor). Volume LNAI1647. Pages 102-114. Springer-Verlag, 1999.
- [Pitt y Mamdani, 1999b] Pitt, J., Mamdani, A. “*A Protocol-Based Semantics for an Agent Communication Language*”. In Proceedings 16th IJCAI’99. Pages 485-491. Morgan-Kaufmann, 1999.
- [Pitt et al., 2000] Pitt, J., Guerin, F., Stergiou, C. “*Protocols and Intentional Specifications of Multi-Party Agent Conversations for Brokerage and Auctions*”. In Proceedings of Agents 2000. (Barcelona, Spain, 2000). Pages 269-276. ACM Press, 2000.

- [Prieto-Díaz, 1989] Prieto-Díaz, R. “*Classification of Reusables Modules*”. In Biggerstaff, T. J., Perlis, A. J. (Editors), *Software Reusability. Concepts and Models*. Volume I of Frontier Series. ACM Press, Addison-Wesley, New York, 1989.
- [Rayport y Sviokla, 1995] Rayport, J. F., Sviokla, J. J. “*Exploiting the Virtual Value Chain*”. *Harvard Business Review*, 73(6):75-85. November-December 1995.
- [Sarkar et al., 1995] Sarkar, M. B., Butler, B., Steinfield, C. “*Intermediaries and Cybermediaries: A Continuing Role for Mediating Players in the Electronic Marketplace*”. *Journal of Computer-Mediated Communications*, 1(3). December 1995.
- [Segev et al., 1995] Segev, A., Wan, D., Beam, C. “*Designing Electronic Catalogs for Business Value: Results from the CommerceNet Pilot*”. CITM Working Paper WP-95-1005, Haas School of Business, University of California, Berkeley, 1995.
- [Segev et al., 1999] Segev, A., Gebauer, J., Färber, F. “*Internet-based Electronic Markets*”. *EM – International Journal of Electronic Markets*, 9(3). September 1999.
- [SEI, 2001] Software Engineering Institute. “*A Framework for Software Product Line – Version 3.0*”. Product Line Systems Program, Software Engineering Institute. Carnegie Mellon University, Pittsburgh, Pennsylvania 15213 (USA). <http://www.sei.cmu.edu/plp/framework.html>. 2001.
- [Sema, 1996] Sema Group. “*EUROWARE User’s Manual*”. Sema Group, 1996.
- [Sen y Weiss, 1999] Sen, S., Weiss, G. “*Multiagent Systems. A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*”. In *Multiagent Systems*. Weiss, G. (Editor). Pages. 259-298. The MIT Press, 1999.
- [SER, 1996] SER Consortium. “*Solutions for Software Evolution and Reuse*”. SER ESPRIT Project 9809. January 1996.
- [Sheth, 1994] Sheth, B. “*A Learning Approach to Personalized Information Filtering*”. SM Thesis. Department of Electrical Engineering and Computer Science. MIT. February 1994.
- [Sheth y Maes, 1993] Sheth, B., Maes, P. “*Evolving Agents for Personalized Information Filtering*”. In *Proceedings of the Ninth Conference on Artificial Intelligence for Applications*. IEEE-CS, 1993.
- [Siegel, 1996] Siegel, J. “*CORBA. Fundamentals and Programming*”. John Wiley & Sons, 1996.
- [Siegel, 2000] Siegel, J. (Editor). “*CORBA 3 Fundamentals and Programming*”. 2nd edition. John Wiley & Sons, 2000.
- [Silva, 1985] Silva, M. “*Las Redes de Petri: En la Automática y la Informática*”. Editorial AC, libros científicos y técnicos. Madrid. 1985.

- [Simos, 1995] Simos, M. “*Organization Domain Modeling (ODM): Formalizing the Core Domain Modeling Life Cycle*”. Symposium on Software Reusability. April 1995.
- [Simos et al., 1996] Simos, M., Creps, D., Klingler, C., Levine, L., Allemang, D. “*Organization Domain Modeling (ODM) Guidebook – Version 2.0*”. Technical Report STARS-VC-A025/001/00, Lockheed Martin Tactical Defense Systems, 9255 Wellington Road Manassas, VA 22110-4121. 1996.
- [Slonim y Bennet, 1996] Slonim, J., Bennet, K. “*The Electronic Commerce Position Paper*”. ACM Computing Surveys, 28(4es). December 1996.
- [Smith y Poulter, 1999] Smith, H., Poulter, K. “*Share the Ontology in XML-based Trading Architectures*”. Communications of the ACM, 42(3):110-111. March 1999.
- [Sohn y Yoo, 1998] Sohn, S., Yoo, K. J. “*An Architecture of Electronic Market Applying Mobile Agent Technology*”. In Proceedings of the 4th IEEE Symposium on Computers and Communications. (Athens, Greece, 1998). Pages 359-364. IEEE-CS Press, 1998.
- [Sonnemann, 1995] Sonnemann, R. “*Exploratory Study of Software Reuse Factors*”. PhD Thesis, George Mason University, Fairfax, Virginia, Spring 1995.
- [SUN, 2002] SUN Microsystems. “*The Java Tutorial. A Practical Guide for Programmers*”. <http://java.sun.com/docs/books/tutorial/index.html>. [Última vez visitado, 12/04/2002]. March 2002.
- [Sycara et al., 1996] Sycara, K., Pannu, A., Williamson, M., Zeng, D., Decker, K. “*Distributed Intelligent Agents*”. IEEE Expert, 11(6):36-46. December 1996.
- [Szyperski, 1998] Szyperski, C. “*Component Software – Beyond Object-Oriented Programming*”. Addison-Wesley, 1998.
- [Tennenhouse et al., 1996] Tennenhouse, D. L., Garland, S. L., Shrira, L., Kaahoeck, M. F. “*From Internet to ActiveNet*”. RFC. <http://www.tns.lcs.mit.edu>. January 1996.
- [Tennenhouse et al., 1997] Tennenhouse, D. L., Smith, J. M., Sincoskie, W. D., Wetherall, D. J., Minden, G. J. “*A Survey of Active Network Research*”. IEEE Communications Magazine, 35(1):80-86. January 1997.
- [Tennenhouse y Wetherall, 1996] Tennenhouse, D. L., Wetherall, D. J. “*Towards an Active Network Architecture*”. Computer Communication Review, 26(2), April 1996.
- [Textor, 1999] Textor Webmasters Ltd. “*An Electronic Commerce Primer*”. Version 2.2. August 1999.
- [Therón et al., 1999] Therón, R., Blanco, F. J., Curto, B., Moreno, V. “*Implementación Paralela de Algoritmos para la Evaluación Rápida del Espacio de las Configuraciones de un Robot*”. Actas de las XX Jornadas de Automática, 1999.

- [Tong y Swartztrauber, 1991] Tong, C., Swartztrauber, P. “Orderer FFTs on a Massively Parallel Hypercube Multiprocessor”. *Parallel Computing*, 50-59, 1991.
- [Trump, 1997] Trump, D. “Using the WWW and the Internet to Support Corporate Reuse”. In Proceedings of the 8th Annual Workshop on Software Reuse, WISR-8. (March 23-26, 1997. The Ohio State University, Columbus, Ohio, USA). 1997.
- [Tsvetovat et al., 2000] Tsvetovat, M., Sycara, K., Chen, Y., Ying, J. “Customer Coalitions in the Electronic Marketplace”. In Proceedings of the 3rd Workshop on Agent Mediated Electronic Commerce – AMEC-2000. 2000.
- [Tucker et al., 1990] Tucker, A. B. (Editor and Co-chair), Barnes, B. H. (Co-chair), Aiken, R. M., Barker, K., Bruce, K. B., Cain, J. T., Conry, S. E., Engel, G. L., Epstein, R. G., Lidtke, D. K., Mulder, M. C., Rogers, J. B., Spafford, E. H., Turner, A. J. “Computing Curricula 1991. Report of the ACM/IEEE-CS Joint Curriculum Task Force”. ACM. <http://www.computer.org/education/cc1991/>. [Última vez visitado, 27-12-2001]. December 1990.
- [USAL, 1997] Universidad de Salamanca. “Normativa Universitaria 1997”. Secretaría General de la Universidad de Salamanca. Enero, 1997.
- [Vázquez, 1999] Vázquez, E. “Estudio de Situación del Comercio Electrónico en España” <http://www.dit.upm.es/doc/comercioe/index.html>. [Última vez visitado, 31-1-2002]. 1999.
- [Vici y Argentieri, 1998] Vici, A. D., Argentieri, N. “FODAcOm: An Experience with Domain Analysis in Italian Telecom Industry”. In Proceedings of the Fifth International Conference on Software Reuse, ICSR-5, (June 2-5, 1998, Victoria, B.C., Canada). Pages 166-175. IEEE-CS, 1998.
- [Vidal y Durfee, 1998] Vidal, J., Durfee, E. “The Moving Target Function Problem in Multi-Agent Learning”. In proceedings of the Third International Conference on Multi-Agent Systems ICMA’98. Pages 317-324, 1998.
- [Vigna, 1998] Vigna, G. (Editor). “Mobile Agents and Security”. Lecture Notes of Computer Science 1419(12). Springer Verlag, 1998.
- [Wallnau, 1992] Wallnau, K. C. “Towards an Extended View of Reuse Libraries”. In Proceedings of 5th Workshop on Institutionalizing Software Reuse (WISR-5), Palo Alto, California (USA). 1992.
- [Weiß y Dillenbourg, 1999] Weiß, G., Dillenbourg, P. “What Is ‘Multi’ in Multi-Agent Learning?”. Chapter 4 in *Collaborative Learning. Cognitive and Computational Approaches*. P. Dillenbourg (Editor). Pages 64-80. Pergamon Press, 1999.
- [Weiss, 2001] Weiss, M. “Patterns for e-Commerce Agent Architectures: Using Agents as Delegates”. In proceedings of Pattern Languages of Programs 2001 - PLoP 2001. 2001.
- [Whinston et al., 1997] Whinston, A. B., Stahl, D. O., Choi, S. Y. “The Economics of Electronic Commerce”. Macmillan, 1997.

- [Williamson, 1985] Williamson, O. E. *“The Economic Institutions of Capitalism: Firms, Markets, Relational Contracting”*. New York, 1985.
- [Wirfs-Brock y Johnson, 1990] Wirfs-Brock, R. J., Johnson, R. E. *“Surveying Current Research in Object-Oriented Design”*. Communications of the ACM, 33(9):105-124. 1990.
- [Wong et al., 1999] Wong, D., Paciorek, N., Moore, D. *“Java-based Mobile Agents”*. Communications of the ACM, 42(3):92-102. March 1999.
- [Wooldridge y Jennings, 1995] Wooldridge, M., Jennings, N. R. *“Intelligent Agents: Theory and Practice”*. The Knowledge Engineering Review, 10(2):115-152. 1995.
- [Yamamoto y Sycara, 2001] Yamamoto, J., Sycara, K. *“A Stable and Efficient Buyer Coalition Formation Scheme for E-Marketplaces”*. In Proceedings of AGENTS’01 (Montréal, Quebec, Canada, May 28-June 1, 2001). Pages 576-583. ACM Press, 2001.
- [Yee, 1999] Yee, B. *“A Sanctuary for Mobile Agents, Secure Internet Programming”*. Lecture Notes of Computer Science, 1603(10):261-274. 1999.