

# Integración de un entorno de producción automática de software en un marco de alineamiento estratégico<sup>1</sup>

José Luís De la Vara González, Juan Sánchez Díaz, Óscar Pastor López  
*Departamento de Sistemas Informáticos y Computación*  
*Universidad Politécnica de Valencia*  
*Camino Vera s/n, 46020, Valencia, España*  
*{jdelavara, jsanchez, opastor}@dsic.upv.es*

## Resumen

*El alineamiento entre la estrategia de negocio y las tecnologías de información (TI) es reconocido como uno de los principales problemas a los que se enfrentan los responsables de una organización. Pese a que han sido presentadas numerosas propuestas para alcanzar este objetivo, sigue siendo frecuente que las inversiones que se realizan en TI no reporten todas las ventajas que se esperan de ellas porque no encajan con las necesidades reales de la organización. En este trabajo se presenta una aproximación para afrontar el alineamiento estratégico basada en la definición de un marco en el que se integre un entorno de producción automática de software. Para ello se usan el modelo de alineamiento estratégico SAM, el framework Zachman, el modelo de gestión empresarial Balanced Scorecard (BSC) y OO-Method, cuya unión tiene como fin la generación automática de infraestructuras TI a partir de infraestructuras organizacionales acordes a la estrategia de negocio, posibilitando así el alineamiento.*

## 1. Introducción

El papel que desempeñan los sistemas de información (SI) en las organizaciones ha cambiado a lo largo del tiempo, desde un mero apoyo administrativo a un rol más relevante que influye en el desarrollo y rendimiento de la empresa [15]. Así, la falta de alineamiento entre la estrategia de negocio y las tecnologías de información (TI), denominado alineamiento estratégico, es reconocido como uno de los principales problemas y tareas a los que se enfrentan los responsables de una organización [26], de

manera que las inversiones que se realizan en tecnologías de información pueden no reportar todas las ventajas que se esperan de ellas.

A la hora de acometer alineamiento estratégico, existen numerosos modelos que pretenden facilitar su comprensión e implementación [3][4][15][23][26][35]. En todos ellos se distingue explícitamente entre los dominios de negocio e informático, pero es habitual que el modelo esté más orientado a uno de los dos mundos. Esta carencia se acentúa más en los modelos presentados dentro del ámbito de los sistemas de información, elaborados por expertos de este mundo. Los modelos que se proponen son en muchas ocasiones demasiados cercanos al ámbito tecnológico, más próximos al dominio de la solución (una posible implementación del SI) que al de la organización. Como resultado pueden resultar difíciles o incómodos de usar por expertos de un contexto empresarial. Por tanto es necesario separar claramente los dominios de negocio y tecnológico, distinguiendo los modelos propios de cada uno de ellos, para así poder establecer una conexión entre ambos mundos que no sea problemática para ninguno de ellos.

Por otra parte, el mundo empresarial actual está caracterizado por los continuos cambios en las organizaciones, productos, clientes y tecnologías, produciéndose éstos cada vez más rápidamente. Como consecuencia, los responsables de las organizaciones buscan elementos de apoyo que les permitan disponer de una perspectiva general de su negocio para poder entender cómo cada parte de la organización encaja con las demás. En este sentido, el modelado organizacional se puede definir como el arte de desarrollar modelos que representan con precisión la estructura, organización y comportamiento de una

---

<sup>1</sup> Este trabajo ha sido desarrollado con el soporte del MEC bajo el proyecto DESTINO TIN2004-03534 y cofinanciado por FEDER

organización. Los modelos permiten que las operaciones de la empresa y su estructura sean fáciles de comprender y apoyen el análisis, la toma de decisiones o el control de las operaciones de la misma [2]. Para llevar a cabo el modelado organizacional una empresa debe fijar una arquitectura empresarial de referencia que sirva de base para llevar a cabo la tarea.

Una arquitectura empresarial es una herramienta que ayuda a los ejecutivos a razonar sobre su organización de manera global. La arquitectura captura una amplia variedad de información y la relaciona de manera que los responsables de la organización puedan consultarla para identificar problemas o tomar decisiones sobre posibles cambios [13]. De entre las arquitecturas definidas para facilitar el modelado organizacional, se puede destacar el framework Zachman [37], que introdujo el concepto de arquitectura dentro de los sistemas de información. Desde su surgimiento ha sido ampliamente adoptada por analistas y diseñadores de sistemas. Esta arquitectura proporciona una taxonomía para relacionar los conceptos que describen una organización, su sistema de información y su implementación, a través de varias perspectivas y abstracciones.

Por otra parte la gestión orientada a procesos (*Business Process Management*) ha ganado popularidad e implantación en los últimos años en muchas organizaciones. Las compañías han cambiado su modelo de gestión de una gestión basada en departamentos a una gestión horizontal basada en procesos. Esto ha provocado cambios estructurales que quizás el más significativo sea la sustitución de la medida de la eficiencia de los departamentos por la medida de la eficiencia de los procesos [10].

En cuanto a la implementación de un sistema de información, su realización es siempre una tarea costosa que implica un gran esfuerzo. Así, la presencia de entornos de generación automática de software proporciona una gran ventaja a la hora de enfrentarse a esta labor, ya que supone un importante ahorro tanto material como temporal. Dentro de este campo se puede destacar OO-Method [30] y su herramienta comercial [5], una aproximación para el modelado de sistemas de información con una semántica formal que permite la generación de aplicaciones completas a partir de modelos conceptuales. OO-Method genera el código de la aplicación a partir de un modelo conceptual del sistema de información, uno de los objetivos del artículo consiste en extender OO-Method con una capa inicial de modelado de requisitos tempranos (organizacionales) y tardíos (del sistema de información).

En este trabajo se presenta una propuesta que permite incorporar un proceso de generación

automática de código como OO-method, dentro de una arquitectura empresarial y en el marco del modelo de alineamiento estratégico SAM [15]. La finalidad es la generación automática de sistemas de información que encajen perfectamente con las necesidades operacionales de una organización y aseguren el alineamiento estratégico. Para ello se considera necesaria una especificación completa de los requisitos que debe satisfacer el sistema, definidos a partir de las infraestructuras de negocio que posee la organización y que dirigirán el posterior modelado conceptual. De este modo una organización dispone de un método que le permita tener alineados su sistema de información y su estrategia, factor clave para el éxito empresarial [21]. Hay que indicar que el proceso de generación del modelo conceptual no es completamente automático, se obtienen parte de los modelos de OO-Method que deben completarse manualmente.

El contenido del trabajo está estructurado como se describe a continuación. La sección 2 presenta los modelos principales que se usan en la propuesta, una visión general de la misma se describe en la sección 3. Las secciones 4, 5 y 6 detallan cómo realizar el alineamiento estratégico y los pasos que conlleva. Por último las secciones 7 y 8 comentan los trabajos relacionados y las conclusiones junto a los trabajos futuros.

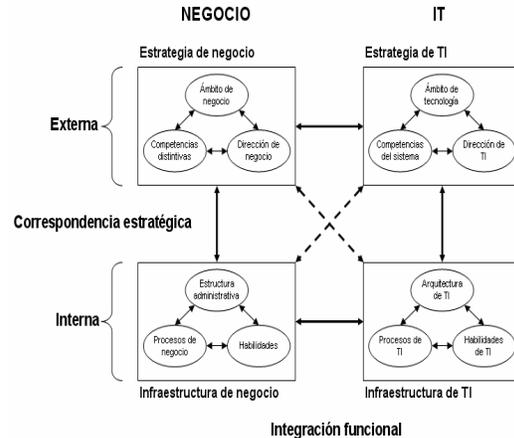


Figura 1. Modelo de alineamiento estratégico

## 2. Modelos de la propuesta

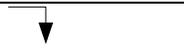
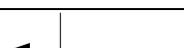
Como se ha comentado anteriormente, además de la extensión de la metodología OO-Method hasta la etapa de requisitos tempranos, una de las principales características de nuestra aproximación para lograr el alineamiento estratégico de una organización, es el uso de modelos y propuestas cuya eficacia en sus ámbitos de aplicación está ampliamente reconocida. Así, se han

elegido un modelo de alineamiento basado en SAM, una arquitectura empresarial adaptada del marco de Zachman y un entorno de producción automática de software. En las siguientes secciones comentaremos cada una de las propuestas.

## 2.1. El modelo de alineamiento estratégico SAM

El modelo de alineamiento estratégico (SAM, *Strategic Alignment Model*) [15] fue pionero en el campo de alineamiento. Plantea que el alineamiento estratégico entre TI y negocio necesita la utilización de cuatro bloques básicos (la estrategia de negocio, la estrategia de TI, la infraestructura organizacional, y la infraestructura de TI) y dos relaciones fundamentales (correspondencia estratégica e integración funcional), como se representa esquemáticamente en la figura 1.

**Tabla 1. Perspectivas de alineamiento [15]**

Perspectiva	Conductor	Aproximación de alineamiento
Ejecución de la Estrategia	Estrategia de negocio	
Transformación Tecnológica	Estrategia de negocio	
Potencial Competitivo	Estrategia TI	
Nivel de servicio	Estrategia TI	

Henderson et al. [15] aseguran que salvo para casos muy sencillos, el alineamiento estratégico necesita una combinación de dos arcos de la figura 1, uno horizontal y otro vertical. Esto permite definir varias perspectivas (Tabla 1) que se centran en los posibles recorridos de los bloques básicos de la figura 1, desde la parte superior a la parte inferior. La primera columna de la tabla contiene el nombre de la perspectiva de alineamiento, la segunda el hilo conductor de la estrategia, y la tercera muestra el recorrido sobre la figura 1.

Coleman [6] distingue 12 perspectivas (8 más que en la tabla 1, considerando los 4 recorridos adicionales en la figura 1 desde las celdas inferiores a las superiores y 4 recorridos de fusión, ie. combinación de dos recorridos horizontales y dos verticales sobre la figura), en su estudio sobre la operacionalización de la estrategia de alineamiento. Destacan por ser las más utilizadas las dos primeras de la tabla 1, las denominadas como ejecución de la estrategia y transformación de la tecnología (potencial de la tecnología en [6]). La primera tiene como base la estrategia de negocio, que puede modificar la infraestructura de negocio e incide en la de las TI, lo

que significa que la arquitectura tecnológica sufre cambios como resultado de los que tienen lugar en los procesos de negocio para que éstos estén alienados con la estrategia. La segunda también tiene como base la estrategia de negocio, pero “atraviesa” la estrategia de las TI hasta llegar a su infraestructura, representando cómo los cambios en la estrategia de negocio deben tener un impacto en la de las TI, incidiendo en sus procesos e infraestructuras.

## 2.2. El framework Zachman

El primer uso sistemático del término arquitectura en el ámbito de los SI fue en el artículo escrito por John Zachman titulado “*A Framework for Information Systems Architecture*” [37]. En él se describe como aplicar los conceptos que los arquitectos utilizan en el ámbito de la construcción a la tarea del ingeniero de software (o construcción de cualquier producto complejo). La idea clave es que una arquitectura global se compone de otras arquitecturas centradas en aspectos específicos.

Inicialmente, Zachman definió una matriz para indicar los aspectos que una arquitectura empresarial debe tener en cuenta, compuesta por seis filas (ámbito, modelo de negocio, modelo de sistema, modelo tecnológico, representaciones detalladas y empresa en funcionamiento) para representar distintos roles o perspectivas, y tres columnas (datos, funciones y red) con las que establecer abstracciones. Posteriormente añadió tres nuevas columnas (personas, tiempo y motivación) [33]. El framework actual es una matriz 5x6 que clasifica la información organizacional en perspectivas (filas) y niveles de abstracción (columnas) Así, el framework se puede ver como un esquema de clasificación en dos dimensiones para las representaciones descriptivas de una organización, con un conjunto de celdas que tienen relaciones entre ellas, como muestra la figura 2.

Como toda arquitectura empresarial, el modelo es básicamente una estructura lógica para la clasificación y organización de representaciones de una empresa que son importantes tanto para su gestión como para el desarrollo de su SI. Puede ser utilizado en el ámbito de las TI como en el ámbito del análisis de negocio ya que contiene modelos que abarcan todas las vistas de una organización. En este sentido, es habitual que sea mantenida por representantes de ambos campos dentro de una empresa.

Hay que destacar que el framework no es una metodología de desarrollo de sistemas dentro del ámbito empresarial, ni describe un proceso de implementación, es un esquema de clasificación que organiza representaciones descriptivas. El contenido de

Zachman Framework	Datos Qué	Funciones Cómo	Redes Dónde	Personas Quién	Tiempo Cuándo	Motivación Por qué	
Ámbito (Contenido)	Listas de cosas importantes para el negocio	Procesos que desarrolla el negocio	Lugares en los que opera el negocio	Organizaciones importantes para el negocio	Eventos y ciclos relevantes para el negocio	Metas estratégicas de negocio	Planificador
Modelo de negocio (Conceptual)	Modelo semántico	Modelo de procesos de negocio	Sistema logístico del negocio	Modelo de flujo de trabajo (unidades organizacionales + productos de trabajo)	Planificación principal	Plan de negocio	Propietario
Modelo de Sistema (Lógico)	Modelo lógico de datos	Arquitectura de la aplicación	Arquitectura distribuida del sistema	Arquitectura de la interfaz humana	Estructura de procesamiento	Modelo de reglas de negocio	Diseñador
Modelo Tecnológico (Físico)	Modelo físico de datos	Diseño del Sistema	Arquitectura tecnológica	Arquitectura de presentación	Estructura de control	Diseño de reglas	Constructor
Representaciones Detalladas (Fuera de Contexto)	Representación de los datos	Programa	Arquitectura de red	Arquitectura de seguridad	Definición temporal	Especificación de reglas	Programador
Empresa en funcionamiento	Datos	Procesos	Redes	Organización	Planificación	Estrategia	

**Figura 2 Contenido de Framework de Zachman**

las celdas puede ser interpretado de diversas formas, en la sección 3.1 comentaremos la nuestra.

### 2.3. OO-Method

A la hora de modelar e implementar el sistema de información de una organización, se propone OO-Method [30] como aproximación metodológica. Este método se caracteriza por proporcionar técnicas gráficas de modelado conceptual basadas en UML que son soportadas por el lenguaje formal de especificación OASIS [20]. De esta forma, la especificación formal actúa como un repositorio del alto nivel para todas las propiedades del sistema (estructura, comportamiento y funcionalidad). Adicionalmente, OO-Method define un modelo de ejecución que proporciona mecanismos de traducción automática de elementos del modelo conceptual en código fuente siguiendo unos patrones de traducción perfectamente definidos.

El Modelo Conceptual OO-Method representa los requisitos de los usuarios, especificando qué hará el sistema sin indicar cómo. Está compuesto por tres modelos (objetos, dinámico y funcional) complementarios entre sí que utilizan notación UML y otro para representar la interfaz gráfica [24].

En el modelo de objetos se representan las clases en el espacio del problema necesarias para soportar la funcionalidad requerida, donde se especifican con detalle sus propiedades estáticas (atributos, servicios, restricciones de integridad y relaciones de agregación, de herencia y de agente).

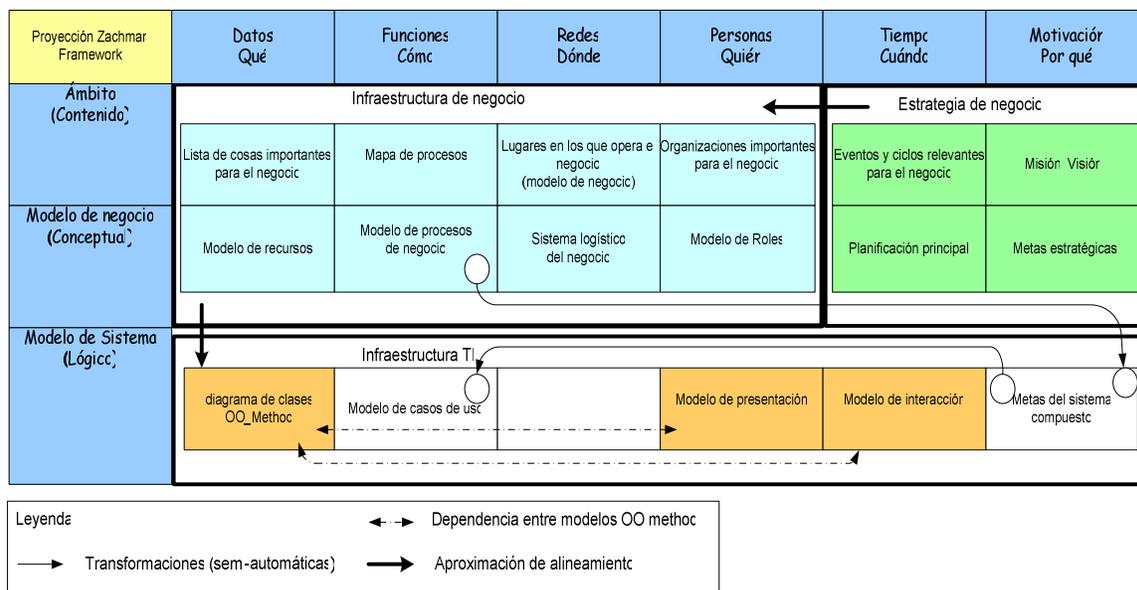
El modelo dinámico especifica el ciclo de vida de los objetos y sus interacciones mediante diagramas de transición de estados y diagramas de colaboración. Los primeros describen el comportamiento de cada clase a través del establecimiento de los ciclos de vida válidos para sus instancias. Mientras que los segundos muestran las interacciones entre los objetos. Las interacciones pueden estar originadas por disparos (triggers) que son servicios que se activan automáticamente cuando se cumple una condición o, bien puede describir la comunicación (interacciones globales) entre distintos objetos mediante el envío de mensajes.

El modelo funcional es un modelo textual usado para capturar la semántica de los cambios de estado de un objeto como consecuencia de la ocurrencia de un servicio.

Por último, el modelo de presentación permite especificar cómo interactúan los usuarios con el sistema por medio de patrones de presentación.

### 3. Descripción de la propuesta

El objetivo de este artículo es proponer un marco de alineamiento estratégico en el que participen un modelo de alineamiento, una arquitectura empresarial como base para realizar el modelado organizacional y el del sistema de información, y un entorno de generación automática de software, de forma que su unión posibilite la generación automática de infraestructuras TI a partir de la estrategia e



**Figura 3. Proyección de OO-Method sobre el Framework de Zachman**

infraestructura de negocio. Así, las principales estructuras elegidas para este fin son las presentadas en el punto anterior. El nexo de unión lo constituye una adaptación de la arquitectura empresarial de Zachman (figura 3) a un entorno de generación automática de código. Obsérvese que la figura anterior contiene únicamente una vista parcial de framework, se han incluido aquellos modelos que son relevantes en un entorno de generación automática de código.

La propuesta comienza por la utilización del modelo SAM, después una interpretación del marco empresarial de Zachman y por último el entorno de generación de código de OO-method. A continuación describiremos los pasos de aplicación de la misma.

Se dispone de un modelo de alineamiento, SAM, del que se usa su perspectiva de ejecución de la estrategia (véase la tabla 1), y de una arquitectura empresarial, el framework Zachman, que define la información de la que debe disponer una organización para comprender su estructura y funcionamiento. Estos dos modelos son complementarios, de modo que en la matriz del framework se puede hacer una distinción de casillas en base a la estrategia de negocio, la infraestructura de negocio y la infraestructura TI, como muestra la figura 3. Este hecho impone una forma de completar la matriz, modelando antes el contenido de unas celdas que el de otras, lo que implica que unos modelos deben realizarse a partir del contenido de otros o ser consistentes con ellos. Además, los modelos que se utilizan para definir cada uno de los elementos del

modelo de alineamiento son propios de ese ámbito de aplicación.

A continuación se ha establecido un conjunto de modelos con que el que definir la estrategia e infraestructuras organizacionales y poder así “rellenar” el framework Zachman, estableciendo precedencias y reglas de consistencia entre ellos.

Por último se ha definido una manera de derivar los requisitos software del sistema de información, que junto a información de la infraestructura de negocio posibilitan la determinación de parte del modelo conceptual de OO-Method y guían la definición de la información restante. A partir de este modelo se generan automáticamente las infraestructuras de TI.

La figura 3 muestra también las fases en las que se descompone la propuesta. Su definición y secuenciación vienen impuestas por el modelo de alineamiento escogido, y su contenido por la arquitectura empresarial. Se comienza definiendo la estrategia de negocio, a través de un modelo de gestión empresarial que incida en la estrategia. Esta fase es desarrollada por los gestores de negocio, es decir, directivos o responsables de la organización. A continuación los analistas de negocio modelan el mapa de procesos, el modelo de negocio, el modelo de roles y el modelo de recursos de la organización, a partir de los cuales se construyen los modelos de procesos de negocio. En este punto es de vital importancia que se compruebe que los procesos permiten el cumplimiento de la estrategia de negocio, ya que en caso contrario habría que realizar la reingeniería de los procesos de

negocio para que éstos se acoplaran correctamente a la estrategia. Por último, los analistas informáticos o de sistemas establecen los requisitos software del futuro sistema de información en base a las metas de los procesos de negocio de la organización para posibilitar así que el sistema apoye las operaciones que se realizan dentro de ella. A partir de los requisitos, el modelo de recursos de la organización y sus procesos de negocio se define el modelo conceptual del sistema de información, y finalmente éste se convierte en un sistema de información mediante técnicas de compilación de modelos.

La propuesta posibilita el cumplimiento de condiciones importantes que han sido identificadas como propiedades cuya no satisfacción impiden la consecución del alineamiento estratégico [22]. Así, se cuenta con el apoyo de los gestores de la organización ya que intervienen directamente en el proceso, se asegura que las TI “se adaptan” al negocio ya que sus modelos de definen a partir de la infraestructura de negocio, se posibilita el acercamiento y comunicación de las personas del mundo de las TI y las que no lo son al poder intercambiar información entre ellos vía la arquitectura empresarial. La infraestructura de TI tiene una correspondencia directa con la estrategia y sus objetivos, y las metas del sistema de información están claramente definidas a partir de las metas de los procesos de negocio.

Pese a que nos hubiera gustado ejemplificar la propuesta con un caso de estudio concreto, las restricciones de extensión del artículo nos han impedido introducirlo.

### 3.1 Selección de las celdas de Zachman

A pesar de que existe un amplio consenso referente a la sencillez y utilidad del framework de Zachman, algunos autores [14][25] han criticado su fuerte orientación a las tecnologías de información en detrimento de las tecnologías de gestión empresarial. Otras críticas incluyen la ausencia de indicadores para los procesos y estrategias empresariales, el no cubrir aspectos de gestión de recursos humanos (ya que la columna quién está centrada básicamente en TI), la ubicación de las reglas de negocio en la columna “Por qué” en lugar de la columna procesos o comportamiento. Esto ha dado lugar a que los contenidos de cada celda (i.e. el modelo que debe utilizarse) sea una fuente de controversias, ya que diferentes personas pueden interpretar el contenido de diferentes formas. Con respecto a nuestra interpretación, adaptada a un modelo de alineamiento estratégico y a un entorno de generación de código, la selección de modelos puede verse en la figura 3.

En [31] puede encontrarse una interpretación ligeramente diferente de las celdas de Zachman.

## 4. Definición de la estrategia de negocio

La primera fase a la hora de acometer el alineamiento estratégico de una organización es el establecimiento de su estrategia de negocio. Esta labor, realizada por sus cargos directivos, se ve dificultada por la complejidad que conlleva la gestión de una empresa. A raíz de ello se han formulado en el campo de la administración de empresas diferentes modelos y metodologías que pretenden apoyar el alineamiento de la estrategia de negocio de la organización y el funcionamiento de la misma.

Esta propuesta propone como modelo a la hora de definir la estrategia de negocio las directrices del *Balanced Scorecard* (BSC) [17], desarrollado a partir del hecho de que para comprobar el rendimiento de una organización no basta con la tradicional idea de medir sólo los factores financieros, sino que también es necesario tener en cuenta otros activos operacionales e intangibles. Como resultado, surgió la necesidad de un sistema de evaluación que permitiera a los dirigentes disponer de una representación equilibrada de indicadores tanto económicos como operacionales. Para cubrirla, se desarrolló el BSC, un modelo de gestión organizacional que proporciona a los ejecutivos una estructura que traduce los objetivos estratégicos de una compañía en un conjunto coherente de medidas del rendimiento, cubriendo factores financieros, indicadores del éxito actual, y operacionales, que conducen al éxito futuro. Así, el BSC se puede ver como un sistema en base al cual definir un conjunto de indicadores e iniciativas que proporcionan a los directivos de una organización una visión rápida y global de su negocio y guían su desarrollo.

El BSC permite ver una organización desde cuatro perspectivas. La perspectiva del cliente pretende reflejar los factores que realmente importan a éste; la perspectiva de los procesos de negocio se basa en los procesos de la organización que tienen un fuerte impacto en la satisfacción del cliente; la perspectiva de aprendizaje y crecimiento tiene como fin determinar cómo la organización puede seguir mejorando e introducir nuevos productos en el mercado; y, por último, la perspectiva financiera indica si la estrategia de la empresa, su implementación y ejecución están contribuyendo a su rentabilidad y crecimiento y a los intereses de sus accionistas. El fin es traducir la visión y estrategia de la organización en las cuatro perspectivas.

El BSC ha demostrado en numerosos casos [1] su eficacia a la hora de ayudar a las organizaciones a

implementar su estrategia con rapidez, gracias a la traducción de la visión y la estrategia en un conjunto de objetivos operacionales que dirigen su comportamiento, y, por tanto, su rendimiento. Las medidas del rendimiento basadas en la estrategia suministran un mecanismo esencial de realimentación requerido para ajustar y refinar dinámicamente la estrategia de la organización a lo largo del tiempo.

El concepto de Balanced Scorecard se construye sobre las premisas de que “sólo se puede gestionar aquello que se puede medir” y “lo que se mide es lo que motiva a las partes integrantes de la organización a actuar”, de ahí que todas las actividades, recursos e iniciativas deban estar alineadas con la estrategia. Para lograr esta meta, el BSC define explícitamente relaciones de causa y efecto entre objetivos, indicadores e iniciativas a través de cada perspectiva y a lo largo de los niveles de la organización.

## **5. Modelado de la infraestructura de negocio**

Una vez que se ha establecido la estrategia de negocio, el siguiente paso es la definición de las infraestructuras de negocio de las que dispone la organización. Aunque estas infraestructuras suelen abarcar más elementos de una empresa, la propuesta se centra en cinco aspectos concretos: procesos (mapa y procesos de negocio), modelo de negocio, roles, y recursos.

Así, el analista de negocio comienza modelando el mapa de procesos, el modelo de negocio, el modelo de roles y el modelo de recursos de la organización. El mapa de procesos negocio muestra las distintas unidades organizacionales y la relación de éstas (provisión de datos/servicios) con unidades externas (clientes, proveedores, competidores, etc.). El modelo de negocio, que no es equivalente al modelado de procesos de negocios [11] y en el que se representan las organizaciones con las que se intercambian servicios o valores y cuáles son éstos, se define con la propuesta e3-value [12]. Sus modelos están basados en conceptos recientes dentro del ámbito de la economía y la administración de empresas y cuyo fin es ayudar a definir cómo se crea, se intercambia y se consume valor económico dentro de una red de actores que desarrollan actividades de valor. El modelo de roles es un modelo estándar habitual dentro del mundo de los flujos de trabajo. Por último, el modelado de recursos que integran la organización se realiza con el modelo de objetos de OO-Mehod, pero sólo estableciendo la información referente al dominio organizacional, es decir, las entidades que intervienen en el

funcionamiento de la organización y sus atributos. La elección de este modelo se debe a que, pese a que se pudiera considerar más propio del mundo del desarrollo software, es muy próximo al dominio empresarial, equivalente a un diagrama entidad relación. En él no aparecen clases de implementación, sino sólo objetos del dominio del problema.

En base a estos cuatro modelos se modelan los procesos de negocio de la organización, que son el conjunto completo y dinámicamente coordinado de actividades colaborativas y transaccionales que proporcionan valor a sus clientes [31]. Para este fin se propone el uso de BPMN [27], una notación desarrollada recientemente y que está recibiendo un gran apoyo en la industria. Su principal característica es que suministra una notación fácil de entender por todos los usuarios de procesos de negocio, bien sean analistas de procesos organizacionales que crean las versiones iniciales de los modelos de negocio, desarrolladores encargados de la implementación que dará cabida a dichos modelos en forma de sistema de información, o encargados de dirigir y gestionar los procesos. Por tanto, BPMN crea un estándar que intenta llenar el hueco entre el modelado de negocio y su implementación. Sus diagramas, basados en técnicas de diagramas de flujo para crear modelos gráficos de operaciones de procesos de negocios, se definen a partir de un conjunto de elementos gráficos que hacen posible un desarrollo de diagramas que resulten fáciles de comprender tanto a los analistas de negocio como a los de sistema. Este conjunto se divide en objetos de flujo, conexiones, elementos de piscina, y artefactos.

Por otra parte, a la hora de modelar los procesos de negocio hay que cumplir una serie de propiedades para asegurar la consistencia de las infraestructuras de negocio. Así, (1) todas las relaciones establecidas en el mapa de procesos y las actividades de valor del modelo de negocio deben estar soportadas; (2) todo rol y actividad del modelo de roles debe reflejarse; y (3) todo recurso debe ser generado o consumido en algún proceso de negocio. Además, como ya se ha señalado, hay que asegurar que los procesos están alineados con la estrategia, pudiendo evaluar en ellos los indicadores de cumplimiento de las metas estratégicas y apoyando las iniciativas establecidas en la estrategia de negocio [18]. Si no se cumpliera esta condición sería necesario analizar y modificar los procesos, siendo el conjunto de procesos de negocio que están ligados directamente al plan de negocio y, por tanto, a la estrategia en los que se debe centrar la organización para mejorar su funcionamiento y competitividad.

## 6. Modelado y generación de la infraestructura de TI

Tras el modelado de la infraestructura de negocio y su adecuación con la estrategia, la última fase de la propuesta consiste en definir y generar automáticamente la infraestructura de TI, de manera que con el modelado de un conjunto de aspectos del sistema de información se obtenga una aplicación en la que no sea necesaria la intervención de ningún programador.

En esta fase se pueden distinguir tres pasos, que son la derivación de los requisitos software, el modelado conceptual y la generación automática del sistema de información.

Así, una vez capturada y justificada la actividad de la organización en el modelo de procesos de negocio, éste se utiliza como inicio del proceso de derivación de requisitos del sistema de información. Los procesos de negocio se analizan, y de este análisis se extraen las metas actuales que los componen. A continuación se establecen las metas que se desean automatizar y que deben estar presentes en el sistema de información, generando distintas alternativas si procediera. Estas alternativas se evalúan y se selecciona la que se considere como mejor opción para la organización. Como resultado se obtiene un conjunto de metas del sistema a desarrollar. El análisis de las metas del sistema de información finaliza y éstas se traducen en un modelo de requisitos en la forma de un diagrama de casos de uso (figura 4). En base a los requisitos identificados, a los procesos de negocio y a los recursos de la organización se define el modelo conceptual del SI. Finalmente, éste es generado automáticamente.

El contenido de la siguiente sección es una extensión de la propuesta contenida en [34], por cuestiones de espacio únicamente comentaremos a grandes rasgos el proceso de transformación. Una versión detallada puede encontrarse en [7], [8].

### 6.1. Derivación de requisitos software

Se puede definir una meta como un objetivo o estado que se debe alcanzar. Su definición hace referencia a una serie de propiedades cuyo cumplimiento se quiere garantizar [19]. El modelado de metas se ha empleado ampliamente en dos contextos. Por una parte, dentro del modelado organizacional las metas guían a la empresa y justifican su comportamiento. Por otra parte, dentro de la ingeniería de requisitos las metas establecen el porqué se necesita y cómo se puede cumplir un requisito

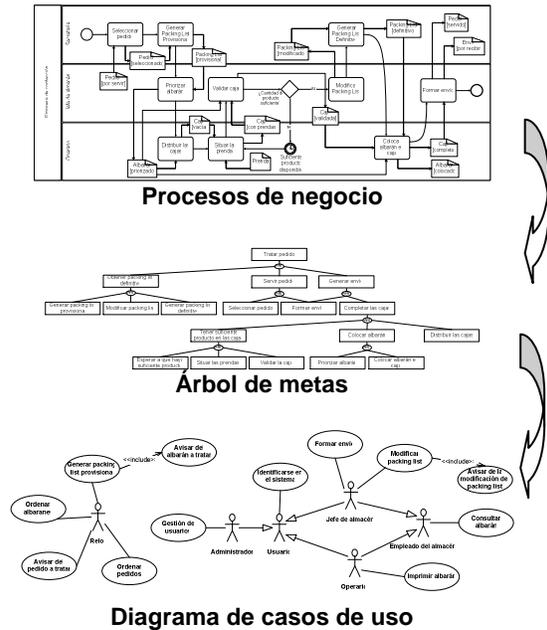
(frente a la clásica cuestión de qué es necesario), justifican la presencia de un requisito en una especificación, permiten la generación de alternativas, y aseguran un alineamiento entre la estrategia de negocio de una organización y su sistema de información.

La definición de un proceso tiene asociadas una serie de metas que deben satisfacerse durante o tras el desarrollo del mismo. Así, en el camino a alcanzar la meta “final” de un proceso pueden participar sub-metas que denotan hitos relevantes dentro de él, de manera que las acciones que los participantes llevan a cabo como parte del proceso contribuyen al cumplimiento de dichas metas [29]. Al usar BPMN para modelar los procesos de negocio muchas de estas metas están declaradas explícitamente en la estructura del proceso, pero pueden existir otras que sean implícitas al proceso.

La aproximación presentada propone como mecanismo para la definición de metas de un proceso de negocio la construcción de un árbol de metas en el que se usan los conceptos de meta y tarea de la metodología i\* [36], donde nosotros únicamente utilizamos una relación de descomposición o refinamiento dentro del árbol, de modo que las metas se pueden descomponer (con relaciones and y or) en nuevas metas o en tareas. El árbol será generado en base a una serie de patrones estructurales identificados en BPMN, como actividades, bucles o decisiones, y mediante un conjunto de guías de transformación [7]. Así, el árbol de metas resultante se usa como estructura de análisis de la organización, para justificar las decisiones tomadas y para justificar también la presencia de los requisitos en el sistema de información.

Una vez formado el árbol de metas de un proceso de negocio, el siguiente paso es establecer las metas que la organización desea automatizar. A cada uno de los elementos hoja del árbol se le asigna una etiqueta, representado el efecto que se quiere que la introducción del nuevo sistema tenga sobre ella. Dicha etiqueta puede ser para automatizar (“A”) si se desea que el sistema de información dé soporte a una meta o tarea, cesar (“C”) si se desea que el sistema de información realice autónomamente una meta o tarea que antes requería intervención humana, o mantener (“M”) si se desea que la meta o tarea se satisfaga como hasta ese momento. En el caso de un elemento etiquetado como a cesar, se deben definir las tareas que contribuyen a dicho cese (etiquetadas con “SI”) y que realizará el sistema de información por sí solo. A continuación se propagan las etiquetas desde los elementos descendientes a las metas de los niveles superiores.

Una vez determinadas las metas y tareas del proceso de negocio a las que debe dar soporte el sistema de información, se obtiene el árbol de metas de éste (correspondiente a las metas con las etiquetas “A” o “SI”). El árbol de estas metas es el resultado de “podar” las metas y tareas que se mantienen como antes y las que se desean cesar.



**Figura 4. Representación esquemática de la derivación de requisitos software**

Por último, el modelo de casos de uso [28] se deriva a partir del árbol de metas obtenido anteriormente. Cada caso de uso denotará un requisito establecido en el árbol de metas del sistema. En primer lugar, los casos de uso se agrupan en paquetes, de manera que cada paquete se corresponde con un diagrama de BPMN y en él estarán aquellos casos de uso que se deriven de su árbol de metas. En segundo lugar, los requisitos se corresponden con las tareas del árbol, las cuales representan servicios que debe ofrecer el sistema. El conjunto de casos de usos que se obtiene en este momento del proceso puede ser modificado si el analista así lo estimase, cambiándoles el nombre para mejorar su expresividad o refinando o abstrayendo los requisitos según el nivel de detalle que considere conveniente. Además, se pueden introducir relaciones de generalización, inclusión o extensión entre los casos de usos.

Por otra parte, el analista tiene que consultar el modelo de recursos en esta fase. Este hecho se debe a que puede considerar necesario la introducción de algún caso de uso relativo a la gestión (alta, baja,

modificación o consulta) de los recursos que manipula la organización. La razón para ello es que sean requisitos necesarios en el sistema y no estén definidos implícita o explícitamente en ninguno de los casos de uso derivados hasta el momento.

Una vez identificados los requisitos, el siguiente paso es asignarlos a un actor responsable. En el caso de que la tarea correspondiente a un requisito posea la etiqueta “SI”, la realización de éste puede caer bajo la responsabilidad de un actor “Rejoj”, si el requisito se ejecuta periódica y autónomamente por el sistema cuando se cumple una condición, o que el requisito se incluya dentro de otro (relación “<<include>>” entre casos de uso) que provoca su activación en el sistema. Si la etiqueta es “A”, el actor responsable será el participante en el proceso que represente la calle en la cual se encuentra el elemento que origina la tarea. También se deben establecer los actores responsables de los posibles casos de uso definidos para la gestión de los recursos, y el analista puede definir nuevos actores y relaciones entre ellos, en este caso de generalización.

## 6.2. Derivación del modelo conceptual

Una vez construido el modelo de requisitos funcionales en la forma de casos de uso debe derivarse el modelo conceptual de OO-Method, que recordemos está formado por el modelo de objetos, el modelo funcional, el modelo de comportamiento (estados y colaboración) y el modelo de presentación. La mayor parte del contenido de cada uno de los modelos anteriores puede derivarse de manera automática a partir de la información manejada por las etapas anteriores.

El contenido del modelo de objetos se deriva a partir del modelo de recursos de la organización, que recordemos contiene una representación en la forma de diagrama de clases de UML de los objetos de datos manejados por los procesos organizacionales. El componente de servicios/operaciones debe inferirse manualmente a partir de los requisitos funcionales del sistema. Para un requisito dado deben seleccionarse las operaciones de las clases que posibilitan su cumplimiento. Para ello se consulta el modelo de procesos de negocio en lo referente a las actividades que hacen referencia al requisito, marcando los elementos de datos que son modificados por las mismas. Los objetos que representan estos elementos de datos son aquellos a los que se les debe definir algún servicio para dar soporte al requisito funcional.

Los ciclos de vida de los objetos se extraen del modelo de procesos ya que los cambios de estado de

los recursos (objetos de datos) pueden representarse mediante etiquetas textuales en el diagrama. De los distintos estados de un recurso se obtiene una versión inicial del diagrama de estados. Los cambios de estado o bien la creación/destrucción del recurso se producen al actuar las actividades sobre sus recursos de entrada y de salida. Los eventos que originan los cambios de estado deben reflejarse como servicios dentro del modelo de objetos.

Respecto al diagrama de colaboración del modelo dinámico, debe ser elaborado enteramente por el analista. No obstante, existen algunas directrices que facilitan su elaboración. Así, los “triggers” se corresponden con requisitos procedentes de metas etiquetadas con “SI”, y las interacciones globales provienen de requisitos para los que las actividades en los procesos de negocio que los originan modifican el estado de más de un elemento de datos.

El modelo funcional lo establece el analista en base a los atributos y servicios del modelo de objetos, ya que debe describirse cómo afectan la ejecución de los servicios al valor de los atributos.

Por último el modelo de presentación que fija la apariencia y el comportamiento de la interfaz de usuario generada, se define en base a una colección de patrones conceptuales de interfaz de usuario disponibles en la herramienta. Todo en función de las preferencias del usuario y de su propia experiencia en el diseño de interfaces.

Como se ha comentado anteriormente hay que destacar que no se genera completamente todo el modelo conceptual del sistema de información, pero sí la mayor parte del mismo. Esto garantiza que el tiempo de desarrollo se acorte de manera sustancial.

### **6.3. Generación del sistema de información**

Con el modelo conceptual en OO-Method del sistema de información completado, el único paso que queda para poder disponer del sistema es su generación. Para ello se utiliza de la herramienta ONME (OlivaNova Model Execution) [5], que implementa el modelo de ejecución de OO-Method y permite generar aplicaciones multicapa sobre diversos entornos y con distintas tecnologías.

A partir del modelo conceptual se obtiene la especificación formal del sistema de información en el lenguaje de especificación OASIS, que actúa como repositorio de alto nivel sobre la información modelada. Esta especificación es la entrada para el modelo de ejecución, que establece con precisión las características dependientes de la implementación asociadas con la representación máquina de la sociedad de objetos seleccionada. Utilizando técnicas de

compilación y transformación de modelos el motor es capaz de generar el 100% del código final.

Gracias a esta generación automática se consiguen importantes ventajas. Disminuye el tiempo de desarrollo del sistema de información, y por tanto el tiempo que se debe esperar para disponer de él. Además, fases tradicionales del desarrollo software como el estudio de los requisitos no funcionales o las pruebas unitarias y de integración no tienen que realizarse ya que el motor de generación cubre estos aspectos de manera automática. Esto evita la introducción de errores y su propagación hasta la implementación del sistema de información organizacional, al generar automáticamente toda la infraestructura TI.

## **7. Trabajos relacionados**

Son varias las propuestas próximas a la presentada en este trabajo cuyos principios para afrontar el alineamiento han servido de punto de partida de muchas de las ideas aquí presentadas.

Steven Bleistein ha realizado varios trabajos para solventar el alineamiento estratégico. SOARE [4] es una aproximación cuyo fin es permitir el alineamiento entre requisitos para sistemas de negocio electrónico y la estrategia de negocio a la que deben dar soporte. Pare ello proporciona medios para analizar y descomponer la estrategia de negocio con el uso del modelado de metas para representar tanto la estrategia, en un contexto de ingeniería de requisitos, como para enlazar las metas estratégicas con requisitos de bajo nivel por medio del refinamiento de las mismas. El proceso lo componen las siguientes fases: la comprensión de la estrategia general de negocio, la identificación de los modelos del negocio, la selección de modelos de metas (adecuados para los requisitos), la identificación de la estrategia de negocio (para tener ventaja competitiva), la creación de un modelo de metas de la estrategia de negocio (también para tener ventaja competitiva), la integración de los modelos creados, y por último, el refinamiento del modelo de metas. Bleistein también ha propuesto el modelado de metas y los diagramas de problemas para afrontar y validar el alineamiento estratégico de los requisitos TI organizacionales [3].

El paradigma SEAM proporciona una forma holística de analizar una organización, sus sistemas de TI y realizar el alineamiento estratégico [35]. Define un método, unos principios de modelado y unas teorías útiles para modelar y razonar sobre las organizaciones, sus sistemas de TI y los cambios que pueden acontecer. Sus conceptos principales son el de modelo organizacional como realidad de una organización,

estado presente y futuro para analizar el desarrollo de un proyecto, nivel organizacional como una parte de la organización, sistema como un conjunto de entidades que colaboran, rol para describir comportamientos, colaboración para describir cambios simultáneos en los participantes, y nivel funcional para representar en detalle los roles y las colaboraciones. Utiliza tres vistas para describir el alineamiento: el alineamiento del sistema entre los niveles organizacionales, el alineamiento del sistema entre los niveles funcionales, y el alineamiento entre el negocio y las TI.

Respecto al uso del framework Zachman para acometer el alineamiento estratégico, en [23] se presenta una aproximación de alineamiento sobre esta arquitectura donde se distinguen cuatro dimensiones diferentes (arquitecturas de negocio, información aplicación y técnica) y se definen distintas categorías de alineamiento que contribuyen al global (procesos de negocio e información, procesos de negocio y aplicaciones, aplicaciones e información, TI e información, y aplicaciones y TI) con reglas de consistencia dentro de ellas.

## 8. Conclusiones y trabajos futuros

Para afrontar el problema de alineamiento es de especial relevancia la utilización de aproximaciones y modelos que faciliten su comprensión y solución. En particular se pueden reutilizar y combinar propuestas cuyo éxito en su correspondiente marco de aplicabilidad ha sido ampliamente comprobado. Nosotros proponemos la combinación del modelo de alineamiento estratégico (SAM), con el marco empresarial de Zachman, y la metodología de generación automática de código OO-method. Esto permite enlazar el mundo del modelado organizacional con el mundo del desarrollo de software mediante nuestra adaptación e interpretación de las celdas de la arquitectura empresarial de Zachman. De esta forma cada uno de los actores participantes emplea modelos propios de su ámbito de trabajo.

Por otra parte, la integración con un entorno de generación automática de software acelera la consecución del alineamiento, eliminando muchas de las fases tradicionales de los procesos de desarrollo software, y la necesidad de definir muchos de los modelos de la arquitectura empresarial.

Dentro de las líneas de trabajos futuros, hay que indicar que el marco de alineamiento estratégico presentado en este artículo es un trabajo que está en desarrollo dentro de un convenio de colaboración con la empresa CARE Technologies [5]. Por una parte se está desarrollando una herramienta multiplataforma para facilitar la construcción de los diversos modelos, y

por otra, se están resolviendo casos reales con el objetivo de sintonizar la aproximación. En particular se está refinando el catálogo inicial de patrones estructurales de BPMN, a partir de los cuales se derivan los árboles de metas de los procesos de negocio. Se quiere evaluar también la utilización de otras estrategias de alineamiento dentro de SAM, como la estrategia de la transformación de la tecnología.

Por último, se pretende evaluar el uso de otras aproximaciones de gestión de calidad, como los modelos ISO 9001 [16] y EFQM [9] que permitan definir y gestionar la estrategia de negocio.

## 9. Referencias

- [1] Balanced Scorecard Collaborative. <http://www.bscol.com>
- [2] Berio, G., Verdant, F. "New developments in enterprise modelling using CIMOSA", *Computers in Industry*, 40, 1999, pp.99-114
- [3] Bleistein, S., Cox, K., Verner, J. "Strategic Alignment in Requirements Analysis for Organizational IT: An Integrated Approach", 20<sup>o</sup> ACM Symposium on Applied Computing, 2005, Santa Fe, USA
- [4] Bleistein, S. et al. "Strategy-Oriented Alignment in Requirements Engineering: Linking Business Strategy to Requirements of e-Business Systems using the SOARE Approach", *Journal of Research and Practice in Information Technology*, 36(4), 2004, pp.259-276
- [5] CARE Technologies. <http://www.care-t.com>
- [6] Coleman, P., Papp, R. "Strategic Alignment: Analysis of Perspectives", Proceedings of the Southern Association for Information Systems Conference, Jacksonville, Florida, USA, 2006, 242-250
- [7] De la Vara, J. L. "Derivación de modelos de requisitos a partir de modelos organizacionales", Proyecto Fin de Carrera, Facultad de Informática, Universidad Politécnica de Valencia, 2006
- [8] De la Vara, J. L., Sánchez J. "Construcción de modelos de requisitos a partir de modelos de procesos: una aproximación basada en BPMN". Revista GTI (aceptado, pendiente de publicación).
- [9] European Foundation for Quality Management. <http://www.efqm.org>
- [10] Fisher, D. "Getting Started on the Path to Process-Driven Enterprise Optimization", BPTrends, Febrero 2005, accessible en <http://www.bptrends.com>
- [11] Gordjin, J, A. Akkermans, y H. vans Vliet. "Business Modelling is not Process Modelling", Conceptual Modeling

for E-Business and the Web, ECOMO 2000, Vol. 1921(40-51) of LNCS, Springer, 2000.

[12] Gordjin, J, y A. Akkermans. "Designing and Evaluating E-Business Models", IEEE Intelligent Systems, Vol. 16(4):11-17, 2001

[13] Harmon, P. "Developing an Enterprise Architecture", *Business Process Trends*, 2003, accesible en <http://www.bptrends.com>

[14] Harmon, P. "Business Process Architecture and the Process-Centric Company", *Business Process Trends*, 2003, accesible en <http://www.bptrends.com>

[15] Henderson, J. C., y N. Venkatraman. "Strategic alignment: Leveraging information technology for transforming organizations", *IBM Systems Journal*, 38(2-3), 472-484, 1999

[16] International Organization for Standardization. <http://www.iso.ch>

[17] Kaplan, R., D. Norton "The Balanced Scorecard – Measures That Drive Performance", *Harvard Business Review*, 70(1), 1992, pp. 71-79

[18] Kaplan, R., D. Norton. *The Strategy-Focused Organization*, Harvard Business School Press, Boston, USA, 2000

[19] Lamsweerde, A. van. "Goal-Oriented Requirements Engineering: A Guided Tour", Proc. 5<sup>o</sup> IEEE International Symposium on Requirements Engineering, 2001, Toronto, Canadá

[20] Letelier P., et al. *OASIS 3.0: Un enfoque formal para el modelado conceptual orientado a objetos*, Servicio de Publicaciones Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España, 1998

[21] Luftman, J., P. Lewis, S. Oldach. "Transforming the enterprise: The alignment of business and information technology strategies", *IBM Systems Journal*, 32(1), 1993, pp. 198-222

[22] Luftman, J., R. Raymond, T. Brier. "Enablers and Inhibitors of Business-IT Alignment", *Communications of AIS*, vol.1, 1999

[23] Marques, C., P. Sousa. "Enterprise Architecture: Business and IT Alignment", ACM Symposium on Applied Computing, Santa Fe, USA, 2005

[24] Molina, P. J., Meliá, J., Pastor, O. "JUST-UI: A User Interface Specification Model". Proceedings of III Computer Aided Design of User Interfaces, CADUI'2002, Les Valenciennes, France., Kluwer Academics Publisher.

[25] Noran, O. "An Analysis of the Zachman Framework for Enterprise Architecture from the GERAM perspective", *Annual Reviews in Control* Vol. 27, Elsevier, pp 163-183.

[26] Reich, B., I. Benbasat. "Factors That Influence the Social Dimension of Alignment Between Business and Information Technology", *MIS Quarterly*, 24(1), 2000, pp. 81-113

[27] OMG. Business Process Modeling Notation (BPMN) Specification (online), febrero 2006, <http://www.omg.org>

[28] OMG. Unified Modelling Language: Superstructure Version 2.0 (online), julio 2005, <http://www.omg.org>

[29] Ould, Martyn A. *Business Processes: Modelling and Analysis for Re-engineering and Improvement*, John Wiley & Sons, 1995

[30] Pastor, O., et al. "The OO-Method approach for information systems modeling: from object-oriented to automated programming", *Information Systems*, 26, 507-534, 2001

[31] Popkin Software, Building an Enterprise Architecture: The Popkin Process Version 1.0.

[32] Smith, H., Fingar, P. *Business Process Management: The Third Wave*, Meghan-Kiffer Press, 2003

[33] Sowa, J., J. Zachman. "Extending and formalizing the framework for information systems architecture", *IBM Systems Journal*, 31(2), 1992, pp. 590-616

[34] Villanueva, I., J. Sánchez, O.Pastor. "Elicitación de requisitos en sistemas de gestión orientados a procesos", Proc. 11th International Workshop on Requirements Engineering (WER'05), Porto, Portugal, 2005

[35] Wegman, A, G. Regev. "Business and IT Alignment with SEAM", REBNITA Workshop, 14th International Requirement Engineering Conference, (RE'05) Paris, Francia, 2005

[36] Yu, E. "Modeling Strategic Relationships for Process Reengineering", PhD Thesis, University of Toronto, 1995

[37] Zachman, J. "A framework for information systems architecture", *IBM Systems Journal*, 26(3), 1987, pp. 276-292.