

*Revista*  
*Española de*  
**Innovación,**  
**Calidad e**  
**Ingeniería del Software**



Volumen 4, No. 1, abril, 2008

**Web de la editorial: [www.ati.es](http://www.ati.es)**

**E-mail: [editor-reicis@ati.es](mailto:editor-reicis@ati.es)**

**ISSN: 1885-4486**

Copyright © ATI, 2008

Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada, o transmitida por ningún medio (incluyendo medios electrónicos, mecánicos, fotocopias, grabaciones o cualquier otra) para su uso o difusión públicos sin permiso previo escrito de la editorial. Uso privado autorizado sin restricciones.

Publicado por la Asociación de Técnicos en Informática

## **Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software (REICIS)**

### **Editores**

**Dr. D. Luís Fernández Sanz**

Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad de Alcalá

**Dr. D. Juan José Cuadrado-Gallego**

Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad de Alcalá

### **Miembros del Consejo Editorial**

**Dr. Dña. Idoia Alarcón**

Depto. de Informática  
Universidad Autónoma de Madrid

**Dr. D. José Antonio Calvo-Manzano**

Depto. de Leng y Sist. Inf. e Ing. Software  
Universidad Politécnica de Madrid

**Dra. Tanja Vos**

Instituto Tecnológico de Informática  
Universidad Politécnica de Valencia

**D. Raynald Korchia**

SOGETI

**D. Rafael Fernández Calvo**

ATI

**Dr. D. Oscar Pastor**

Depto. de Sist. Informáticos y Computación  
Universidad Politécnica de Valencia

**Dra. Dña. María Moreno**

Depto. de Informática  
Universidad de Salamanca

**Dra. D. Javier Aroba**

Depto de Ing.El. de Sist. Inf. y Automática  
Universidad de Huelva

**D. Antonio Rodríguez**

Telelogic

**Dr. D. Pablo Javier Tuya**

Depto. de Informática  
Universidad de Oviedo

**Dra. Dña. Antonia Mas**

Depto. de Informática  
Universitat de les Illes Balears

**Dr. D. José Ramón Hilera**

Depto. de Ciencias de la Computación  
Universidad de Alcalá

---

## Contenidos

---

REICIS

<b>Editorial</b>	<b>4</b>
<i>Luís Fernández-Sanz, Juan J. Cuadrado-Gallego</i>	
<b>Presentación</b>	<b>5</b>
<i>Luis Fernández-Sanz</i>	
<b>Una ontología para la gestión del conocimiento de proyectos software</b>	<b>6</b>
<i>Francisco J. Ruiz Bertol y Javier Dolado</i>	
<b>Orientación a aspectos en UML2 sin extensiones</b>	<b>23</b>
<i>María del Pilar Romay Rodríguez, Carlos E. Cuesta Quintero y Marcos López Sanz</i>	
<b>Sección Actualidad Invitada:</b>	<b>50</b>
<b>Proceso de selección de productos software en el Ministerio de Defensa</b>	
<i>José Gonzalo Delgado De Luque, Director de proyectos informáticos, Centro de Desarrollo de Software (Área de Tratamiento de la Información), Secretaría General Técnica, Ministerio de Defensa</i>	

# Una ontología para la gestión del conocimiento de proyectos software

Francisco Javier Ruiz Bertol

Universidad de Zaragoza

[franjr@unizar.es](mailto:franjr@unizar.es)

Javier Dolado

Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea

[javier.dolado@ehu.es](mailto:javier.dolado@ehu.es)

## Abstract

Project Management has been for years a knowledge area restricted to experts and professionals in management. Currently, this expertise and practice has been recorded in several books and articles, and implemented in software systems and databases. Due to the increasing interest in the Semantic Web, we have sufficient tools, techniques and skills to reflect that information, giving an additional semantic feature, by using knowledge representation. The most adequate way to specify that knowledge is by using domain ontologies that let us to express terms, concepts, properties and relations for a given domain using an ontological language. In this article, we propose the Project Management Ontology (PMO), a set of ontologies that capture and store that knowledge. PMO is constructed in a modular way, so that new ontologies can be joined to PMO to enrich the project management knowledge, and also new ontologies can be built by merging them with other knowledge areas ones.

## Resumen

La gestión de proyectos ha sido durante muchos años un área de conocimiento reservada a expertos y profesionales. Sin embargo, dicha experiencia está siendo recopilada en multitud de artículos y libros, e implementada en varios sistemas software a la que cualquier puede acceder. Debido al creciente interés en las tecnologías informáticas para la gestión del conocimiento, actualmente disponemos de suficientes técnicas, herramientas, y habilidades para poder desarrollar una representación del conocimiento de la gestión de proyectos, añadiendo todas las características inherentes a los sistemas basados en el conocimiento. En este artículo, se presenta *Project Management Ontology* (PMO), una ontología de dominio, que recoge tanto la estructura común para la gestión de proyectos, como la información asociada para poblar la ontología. PMO se ha creado de forma modular, permitiendo aplicar la gestión de proyectos a distintas áreas de conocimiento, a través de la unión de ontologías.

**Palabras clave:** Gestión de proyectos, ontologías de dominio, gestión del conocimiento, ingeniería del software, desarrollo de ontologías.

## **1. Introducción**

En la actualidad existe un creciente interés sobre una gestión del conocimiento adecuada en las distintas áreas de conocimiento. De hecho, en el desarrollo software muy importante gestionar adecuadamente dicho conocimiento, tanto el que se da de manera explícita como el tácito o implícito. El primero se define como *“una herramienta de gestión para aprovechar la manipulación del conocimiento de la organización, groupwares, intranets, servidores de listas, repositorios de conocimiento, gestión de bases de datos y redes de acción del conocimiento permiten compartir la dicha gestión del conocimiento”* [1]. El segundo, más difícil de capturar, se basa más bien en la experiencia, está guiado por el contexto, y por lo general, reside en los individuos.

En los proyectos software, dicho conocimiento es fundamental por su influencia en los distintos componentes: registro histórico, lecciones aprendidas, explotación de datos, toma de decisiones, seguimiento del proyecto, metodologías utilizadas, estimación y planificación, asignación de recursos, etc. Por ello, es necesario capturar y gestionar el conocimiento disponible en un formato y representación adecuados. Esto puede realizarse para la mayoría de áreas de conocimiento por los expertos, donde pueden definirse un conjunto de conceptos, aserciones, reglas e inferencias sobre dicha información. Esta información puede guardarse utilizando alguna de las representaciones de conocimiento existentes.

Las ontologías han sido utilizadas de manera intensiva en el pasado para proporcionar un lenguaje común comprensible por los usuarios para alcanzar un consenso sobre varios temas, incluyendo el conjunto de conceptos y relaciones entre conceptos a manejar, la clasificación de entidades, y que proporcionen una abstracción del mundo real. Pero las ontologías también proporcionan un lenguaje comprensible por los computadores para la representación de dichos conceptos, entidades, relaciones y abstracciones para facilitar la interoperabilidad y el intercambio de información sobre el conocimiento [2].

Para determinar dicho conocimiento, las ontologías, que proporcionan "una especificación formal y explícita de una conceptualización compartida" [3], aportan una representación declarativa de conceptos, estructuras de datos, relaciones, aserciones, reglas y restricciones que representan un modelo abstracto y simplificado de la realidad. Las ontologías se expresan comúnmente utilizando ontologías específicas de dominios. Estas

ontologías tienen dos características: proporcionan una representación explícita de un modelo conceptual sobre un dominio determinado; y dicho modelo establece una representación compartida y consensuada sobre el conocimiento para dicho dominio.

En la actualidad se han creado varias ontologías de dominio y sistemas basados en el conocimiento para representar el conocimiento en un dominio dado, y que abarcan un amplio conjunto de áreas de conocimiento en diversos dominios.

Una de las ontologías que más se acerca al dominio de este artículo es Onto-SWEBOK [4], basada en los trabajos de Abran *et al.* [5], cuyo objetivo es facilitar una meta-descripción de los conceptos expresados en el SWEBOK [6] utilizando una estructura ontológica por capas expresada mediante los conceptos descritos en la base de conocimiento *OpenCyc* [7].

Otros trabajos de interés sobre el desarrollo de ontologías pueden encontrarse en varios repositorios de ontologías [8][9][10]. Sin embargo, llama la atención la ausencia de representaciones formales y explícitas para la gestión de proyectos, independientemente del dominio o área de conocimiento.

En este artículo se presenta *Project Management Ontology* (PMO), una ontología de dominio que representa un modelo formal de los procesos, actividades, herramientas y técnicas específicas de la gestión de proyectos. PMO proporciona una descripción completa de los términos fundamentales y características inherentes al manejo de la información asociada a la gestión, seguimiento, control y dirección de los proyectos, así como de los procesos, relaciones, restricciones y aserciones sobre los datos de proyectos.

El artículo está dividido de la siguiente manera: la sección 2 describe *Project Management Ontology* (PMO), detallando las principales características de esta ontología, el proceso de desarrollo y sus componentes. En la sección 3 se explica cómo PMO puede ser integrada con otras áreas de conocimiento utilizando técnicas de mapeado y fusión. En la sección 4 se exponen las conclusiones y el trabajo futuro.

## **2. *Project Management Ontology* (PMO)**

La gestión de proyectos se define como el conjunto de herramientas, técnicas, conocimiento y habilidades aplicadas a un proyecto para cumplir un conjunto de requisitos, estándares, especificaciones y objetivos que llevan a completar dicho proyecto. La gestión por

proyectos se llevan a cabo en varios ámbitos, incluyendo entre ellos a su aplicación en arquitectura e ingeniería, industria química, desarrollo software o en el ámbito de la investigación. En todos estos ámbitos, es de vital importancia la gestión de proyectos, ya que proporciona una documentación exhaustiva en el área de la gestión de proyectos que ha sido desarrollada por expertos en el área y en áreas multidisciplinares adyacentes.

Para gestionar los proyectos, se dispone de varias herramientas centradas en capturar una parte de la información del proyecto. Sin embargo, estas herramientas se utilizan de una manera aislada (válida únicamente para las personas que utilizan dichas herramientas), o como un conjunto integrado de aplicaciones. Por lo tanto, es complicado compartir este conocimiento con otras organizaciones o incluso, dentro de una misma organización que utilice distintas aplicaciones para la gestión de proyectos, incluso si existe la posibilidad de importar/exportar la información. Por ello, es necesario definir una representación del proyecto que pueda ser utilizada por dichas aplicaciones, pero que también permita la interoperabilidad entre éstas. En este sentido, se considera necesario establecer una representación del conocimiento que permita capturar y gestionar adecuadamente la información del proyecto. Para este propósito, lo más adecuado es la utilización de ontologías de dominio.

Para desarrollar esta ontología, ha sido necesario plantearse las distintas opciones para capturar dicho conocimiento: (i) hablar con expertos en la gestión de proyectos, (ii) capturar el conocimiento directamente de las aplicaciones de gestión de proyectos, o bien, (iii) obtener de alguna fuente de información un modelo descriptivo y consensuado del conocimiento. La primera opción es difícil de lograr, ya que parte de dicho conocimiento es tácito y por lo tanto, no hay forma de modelarlo adecuadamente. En la segunda opción, el modelo de desarrollo seguido por los desarrolladores está centrado en la aplicación, por lo que el modelo de datos únicamente tiene los parámetros suficientes para que la aplicación funcione, sin que esté definido el conocimiento para la gestión de proyectos de una manera completa. Finalmente, para la tercera opción, existe una gran cantidad de literatura, tanto en forma de libros como en forma de artículos de investigación. Entre todos ellos, se ha seleccionado *Project Management Body of Knowledge*® (PMBOK) [11], ya que proporciona una documentación exhaustiva en el área de la gestión de proyectos que ha sido desarrollado por expertos en el área y en áreas adyacentes.

Para capturar y gestionar dicho conocimiento, se ha desarrollado *Project Management Ontology* (PMO), un conjunto de ontologías que abarcan los principales procesos, conceptos y relaciones de la gestión de proyectos. Este sistema basado en el conocimiento proporciona la primera representación formal de conocimiento en el dominio de la gestión de proyectos. Para su desarrollo, ha sido fundamental desarrollarlo de una manera modular y estructurada, de forma que otras ontologías o sistemas basados en el conocimiento puedan unirse a PMO para crear una ontología específica de la gestión de proyectos en el dominio aplicado. PMO está compuesta de:

- Una taxonomía que define la estructura de un proyecto. Esta taxonomía proporciona una jerarquía basándose en la estructuración de los proyectos, así como en la definición de los principales términos. Esta taxonomía está formada principalmente por relaciones del tipo *isA* (subclases) o *has* (composición), que define esencialmente las partes en que se puede dividir y estructurar un proyecto y sus componentes.
- Un completo vocabulario que define conceptos específicos de la gestión de proyectos, y que pueden ser aplicables a la mayoría de áreas de conocimiento. Este vocabulario ha sido obtenido del glosario de términos del PMBOK [11].
- Un sistema basado en el conocimiento (KBS) que contiene el conocimiento experto de cómo gestionar un proyecto de manera adecuada. Esto incluye la estructura, el contenido semántico, y los procesos e instancias necesarias que proporcionan una guía para la dirección.
- Un conjunto de *slots* o propiedades asociadas a uno o varios de los conceptos presentes en la taxonomía o el vocabulario.
- El conjunto de relaciones entre conceptos definidos tanto a nivel de taxonomía, como entre los distintos componentes de PMO (utilizando las propiedades *owl:equivalentClass* y *owl:sameAs*). Estas relaciones están basadas en la propia definición de los conceptos.

Se puede observar la estructura básica de PMO en la Figura 1. Cada uno de los componentes mostrados en esta figura representa una ontología. En PMO actualmente se

han definido cinco ontologías: *PM-Cost*, *PM-Process*, *PM-Planning*, *PM-Organization*, y la ontología núcleo *PM-Core*.

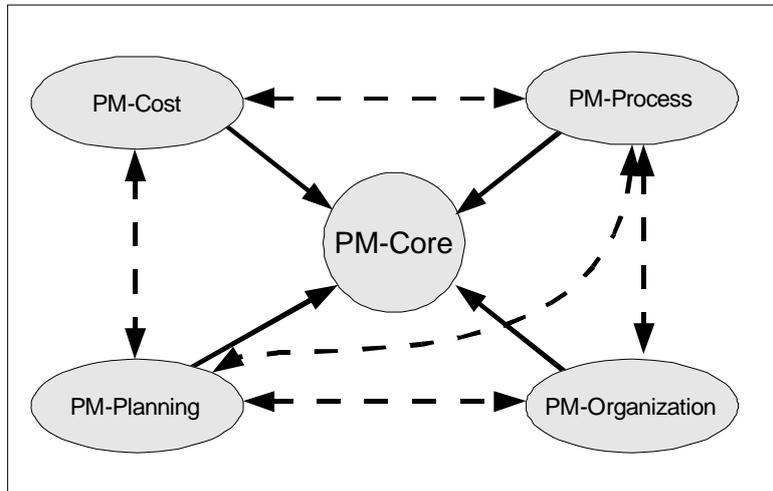


Figura 1. Ontologías componentes de *Project Management Ontology*.

En la Figura 1, se pueden diferenciar dos tipos de relaciones: las indicadas con línea continua, y las indicadas con punteado. Las flechas continuas indican una correspondencia directa entre clases que representan un mismo concepto utilizando la propiedad de OWL *owl:sameAs*, como por ejemplo los conceptos que representan *Actividad* y *Paquete de Trabajo*. Las flechas punteadas representan conceptos relacionados entre sí a través de los conceptos definidos en *PM-Core*.

Para el proceso de desarrollo se ha seguido la metodología recomendada por Noy y McGuinness [12]. Este proceso de desarrollo consiste en un conjunto de pasos propuestos por los autores para la creación de ontologías de dominio: (i) determinación del dominio y ámbito de la ontología; (ii) consideración de reutilización de ontologías ya existentes; (iii) enumeración de los conceptos y términos clave; (iv) definición de la estructura de clases y atributos de cada una de las clases; (v) definición de las restricciones sobre los atributos; y (vi) completar la ontología, poblándola con instancias o individuos.

Para crear una vista gestionable del dominio de gestión de proyecto, se ha dividido PMO en varios componentes u ontologías, cada uno de ellos proporcionando una visión parcial de una parte del conocimiento en la gestión de proyectos. Esta estructura se ha definido en base a las distintas partes diferenciadas en las que se compone el área de

conocimiento (coste, planificación, riesgos, requisitos, aseguración de la calidad, etc.). PMO tiene los siguientes componentes:

- *PM-Core*. El conjunto de conceptos, relaciones, axiomas y atributos que forman la base para la gestión de proyectos. En esta ontología se incluyen conceptos como proyecto, fase, entregables, productos, o actividades.
- *PM-Process*. Esta ontología representa el conjunto de procesos y grupos de procesos de recomendada aplicación para guiar un proyecto. Esta ontología proporciona principalmente el conocimiento recogido en el PMBOK [11].
- *PM-Organization*. Esta ontología proporciona la estructura organizativa del proyecto, definiendo los conceptos de equipo, persona, atribuciones, habilidades, asignaciones, etc. El enfoque tomado para el desarrollo de esta ontología ha sido la división desde la perspectiva de la gestión para la organización que desarrolla el proyecto, el desarrollo de los equipos y los actores que forman parte del mismo.
- *PM-Cost*. Esta ontología incluye todos aquellos conceptos, atributos y relaciones asociados a la gestión de costes, tanto monetarios como de esfuerzo, así como conceptos relacionados con estimaciones y presupuestos.
- *PM-Planning*. Finalmente, esta ontología desarrolla toda la parte de gestión de la planificación, calendario y seguimiento de un proyecto.

Aún están en proceso de desarrollo ontologías adicionales que completen las partes de conocimiento no incluidas en este primer desarrollo de PMO, ya que se consideraron en un primer momento como secundarias en la definición del dominio. Entre estas partes del conocimiento no desarrolladas están los riesgos, los requisitos, la aseguración de la calidad y la gestión de las comunicaciones. Una vez desarrolladas este conjunto secundario de ontologías pasarán a formar parte de PMO, utilizando la unión de ontologías, con el objetivo de completar el conocimiento del dominio.

### **2.1. Ontología núcleo: *PM-Core***

*PM-Core* es la principal ontología de PMO. Todas las demás ontologías en PMO están directamente relacionadas con *PM-Core*, como se puede observar en la Figura 1. *PM-Core* contiene el vocabulario y la estructura básica para la definición de un proyecto genérico, en

cualquier ámbito de aplicación. El principal concepto definido en la ontología es el *Proyecto*, que tiene asociado una serie de atributos inherentes, como su nombre, descripción, procesos a utilizar, criterios de calidad o hitos. Así mismo, un proyecto puede ser parte de un *Programa* o un *Portafolio*. En el proceso de división hacia artefactos más manejables, se pueden definir distintos tipos de *Componentes de proyecto* (clase abstracta): *Fases* (o subfases), *Entregables*, o *Paquetes de trabajo*, siguiendo las recomendaciones de estructuración del trabajo del proyecto [13]. Cada uno de estos componentes puede combinarse entre sí mediante las relaciones definidas en la propia ontología, para formar la *Estructura de Descomposición del Trabajo*.

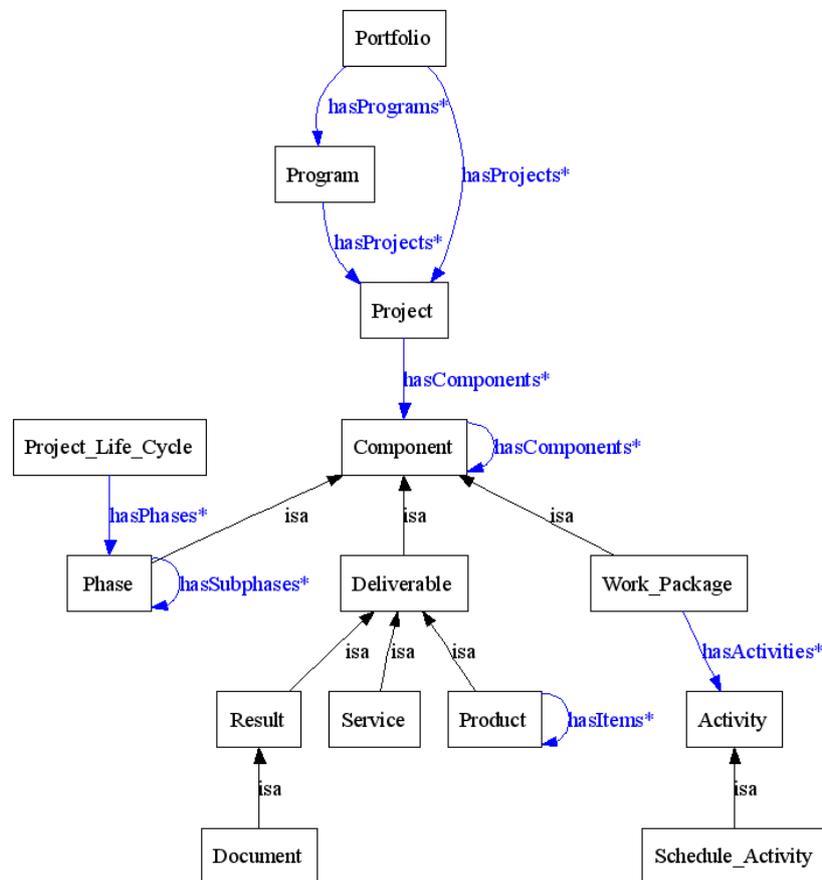


Figura 2. Vista simplificada de la jerarquía de clases de *PM-Core*.

En la Figura 2 se puede observar la jerarquía de clases definida en *PM-Core*. Según la definición [13], “una *Estructura de Descomposición del Trabajo* es una descomposición jerárquica orientada a ser entregada del trabajo a ser ejecutado por el equipo del proyecto para cumplir los objetivos del proyecto y crear los entregables solicitados”. Los elementos

terminales son principalmente entregables o paquetes de trabajo, que se dividen a su vez en actividades. Las actividades representan los elementos gestionables más pequeños que pueden asignarse directamente a un equipo del proyecto o una persona.

## **2.2. Ontología de procesos de gestión: *PM-Process***

*PM-Process* es la ontología que contiene el modelo de procesos de gestión del PMBOK [11]. En esta ontología se incluyen aquellos grupos de procesos en los que está dividido el cuerpo del conocimiento en la gestión del proyecto: procesos de iniciación, planificación, ejecución, control y monitorización, y finalización.

Estos grupos de procesos son necesarios para cualquier proyecto, ya que proporciona un proceso guiado, siendo necesario que se ejecuten siguiendo la misma secuencia para todos los proyectos, independientemente del ciclo de vida utilizado o el proceso de desarrollo software seleccionado. Cada uno de estos grupos de procesos contiene una serie de procesos de gestión interrelacionados entre sí, tal y como se define en el PMBOK. Esto incluye una descripción completa del proceso de gestión, así como las entradas, salidas, herramientas y técnicas necesarias para llevar a cabo dicho proceso. El equipo de gestión del proyecto será el encargado de seleccionar el subconjunto adecuado de estos procesos para llevar a cabo el conjunto de actividades del proyecto.

Sin embargo, *PM-Process* no está restringido a la definición de una serie de clases, relaciones y propiedades para almacenar el conocimiento sobre los procesos de gestión, sino que también proporciona un sistema basado en el conocimiento, ya que la ontología se ha completado con un conjunto de instancias que definen los procesos con la información obtenida del PMBOK [11].

Este conocimiento tiene el objetivo de proporcionar una guía a la hora de definir el conjunto de actividades presentes en *PM-Core*, pero también de adecuar la gestión de estas actividades al proyecto específico. Esta ontología representa únicamente los procesos de gestión, por lo que no incluye otros procesos que no son específicamente procesos de gestión, por ejemplo, procesos software, que podrían estar definidos en otra ontología.

## **2.3. Ontología de organización: *PM-Organization***

En un sentido estricto, la organización y los recursos humanos no es una parte constituyente de la gestión de proyectos, aunque sí que es una pieza fundamental para el éxito del

proyecto. De hecho, algunos procesos de gestión están directa o indirectamente relacionados a la organización (por ejemplo, todos aquellos procesos de la Gestión de Recursos Humanos del Proyecto presentes en el PMBOK).

Durante el desarrollo de esta ontología se ha utilizado parte el trabajo ya desarrollado en las ontologías de organización disponibles en [14], que describen las principales características de una organización, incluyendo metas, jerarquía, roles, puestos desempeñados, personas, equipos, etc. La utilización del conocimiento disponible en estas ontologías ha sido de gran utilidad para crear y adaptarlas en *PM-Organization* a un enfoque de gestión de proyectos.

En *PM-Organization* se han definido los conceptos básicos de una organización, como organización, persona, empleado, puesto o habilidades, y se ha extendido añadiendo conceptos más relacionados a la gestión del proyectos, como equipo de proyecto, miembro del equipo, gestor/director o equipo virtual. Finalmente se han redefinido o agregado nuevos términos conducentes a su adaptación a las actividades de gestión, como por ejemplo, habilidades de gestión, responsabilidades de gestión, competencias o comunicaciones.

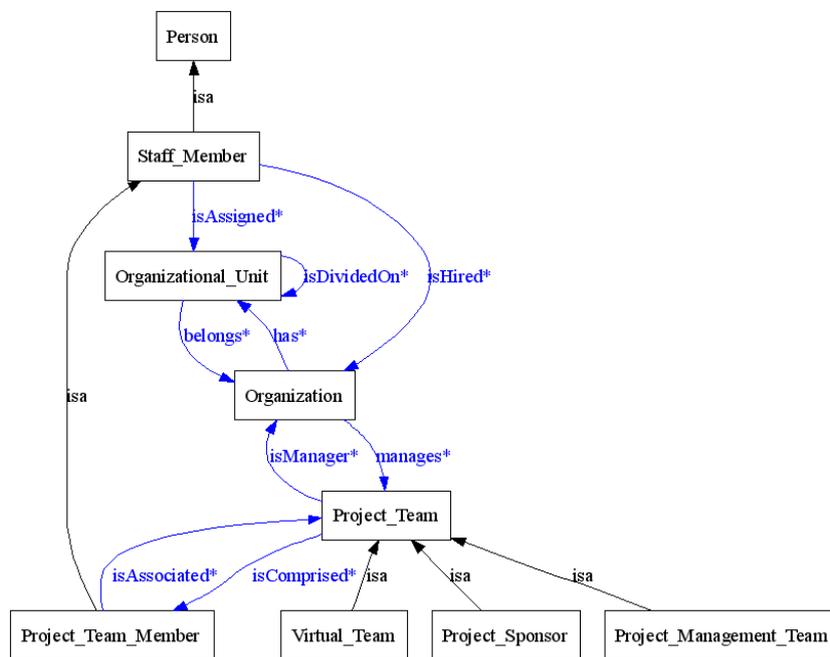


Figura 3. Estructura de la jerarquía de clases de *PM-Organization*.

Esta ontología es una base del conocimiento que puede unirse a *PM-Core* para proporcionar una definición completa del proyecto, tanto desde el punto de vista estructural como desde el organizativo. La estructura de la taxonomía asociada a *PM-Organization* puede observarse en la Figura 3.

#### **2.4. Ontología de planificación: *PM-Planning***

La ontología *PM-Planning* contiene el conocimiento necesario para la representación de la planificación, calendario, estimaciones, asignación, seguimiento, control, gestión de cambios y finalización de las actividades del proyecto.

La unidad utilizada en esta ontología es principalmente el tiempo, aunque también están consideradas otras unidades de medida, como los recursos y el esfuerzo. Debido a que ya existen representaciones del tiempo en forma de ontologías, se ha considerado conveniente la utilización de *OWL Time Ontology* [15] para ayudar al desarrollo de la ontología *PM-Planning*. De hecho, todas las medidas de duración e intervalos de tiempo han sido definidas en función de esta ontología. En *PM-Planning* se pueden diferenciar dos tipos de medidas:

- Las propiedades que están directamente relacionadas con la planificación. Entre estas propiedades se incluyen aquellos valores necesarios para las estimaciones y seguimiento del proyecto, como por ejemplo, *Fecha de Inicio Temprana*, *Fecha de Inicio Tardía*, *Fecha de Finalización Temprana* y *Fecha de Finalización Tardía*, utilizados en el Método del Camino Crítico [16], o simplemente otras propiedades directamente asociadas al cumplimiento de plazos de las actividades (por ejemplo, *Fecha Actual*, *Fecha de Finalización Actual*, *Fecha de Finalización Estimada*, etc.).
- Otros conceptos que definen estructuras de planificación y estimación más complejas como las Líneas de Base.

En *PM-Planning* se ha decidido incluir la definición temporal para distintos husos horarios y calendarios, ya que los proyectos, especialmente aquellos que trabajan con equipos virtuales, son desarrollados generalmente en distintas localizaciones. *PM-Planning* está muy relacionada con *PM-Cost* a través de *PM-Core*, ya que ambas comparten varios

de los términos de alto nivel, como por ejemplo, la *Línea de Base* o la *Secuencia del Camino Crítico*, entre otros.

#### **2.4. Ontología de estimación de costes: *PM-Planning***

El componente *PM-Cost* representa el conjunto de conceptos relativos al presupuesto, planificación, estimación y control de los costes. Se ha diferenciado *PM-Cost* de *PM-Planning* ya que ambos componentes representan diferentes términos: el coste del proyecto determina generalmente un valor monetario del proyecto, mientras que el calendario engloba los aspectos temporales del proyecto, comúnmente más utilizados para medir la progresión del proyecto. De hecho, las organizaciones generalmente tienen dos aplicaciones separadas para las estimaciones de coste/presupuesto y el calendario. Sin embargo, ambas ontologías determinan una información fundamental en la gestión de proyectos.

De hecho, determinar buenas estimaciones del presupuesto y del calendario son factores fundamentales para el éxito del proyecto [17].

La ontología *PM-Cost* está principalmente expresada en términos de coste monetario dada una cierta moneda (por ejemplo, si el proyecto se está realizando conjuntamente entre Europa y EE.UU., los equipos del proyecto trabajarán tanto en Euros como en Dólares).

Debido a que el proyecto generalmente está supeditado a un presupuesto definido, las unidades a utilizar para expresar el coste no deberían cambiar durante dicho proyecto, o al menos no deberían estar sujetas a los cambios monetarios que se produzcan. Este hecho está capturado en la ontología, donde se establecen distintas unidades monetarias, y un tipo de datos con funciones embebidas para hacer transparente el coste del proyecto.

### **3. Integración de *Project Management Ontology***

En la actualidad, una de las principales características de las ontologías es facilitar la interoperabilidad con otra información, ontologías o aplicaciones. Durante el proceso de desarrollo de PMO, se ha decidido desarrollar una definición genérica del área de conocimiento de la gestión de proyectos, de tal manera que pueda hacerse extensible a otras áreas de conocimiento diferentes. De hecho, se puede afirmar que esta característica es fundamental para la integración del conocimiento de la gestión de proyectos con otras áreas de conocimiento, como la ingeniería del software o la arquitectura. Así, PMO ha sido

desarrollada utilizando un enfoque modular, para poder facilitar la integración con otras formas de conocimiento (ontologías, bases de datos, sistemas de gestión del conocimiento, aplicaciones, etc.).

Por una parte, todos los componentes de PMO están altamente integrados. Este hecho puede observarse en la Figura 1, donde las dependencias entre todos los componentes de PMO están relacionados de una u otra manera. Por ejemplo, la ontología *PM-Process* puede ser fácilmente definida independientemente de las demás ontologías, pero los conceptos y propiedades presentes en ella están fuertemente relacionados en la manera de distribuir el trabajo al equipo del proyecto (presente en *PM-Organization*). De la misma manera, se pueden encontrar relaciones similares en las demás ontologías de PMO. Actualmente, se está desarrollando nuevos componentes para capturar mayor información en áreas asociadas a la gestión de proyectos, como los riesgos, las comunicaciones o la calidad del proyecto.

Por otra parte, es recomendable integrar este sistema basado en el conocimiento con otras ontologías existentes, para extender y enriquecer el ámbito de actuación de PMO. Esto se puede realizar mediante procesos de unión y mapeado de ontologías [18]. Supongamos que se desea unir PMO con una ontología que modela el conocimiento en Ingeniería del Software. Se puede realizar un mapeado de ambas ontologías siempre que los conceptos estén descritos de similar manera o se puedan encontrar conceptos equivalentes en ambas ontologías. Por ejemplo, en *PM-Process* se ha definido el concepto de *Proceso*, que tiene una subclase denominada *Procesos de Gestión*, que especifica los procesos que se recomiendan para una gestión eficiente de los proyectos. En otra ontología, asociada al conocimiento en la Ingeniería del Software, es altamente probable que nos encontremos con una serie de conceptos que definan los procesos software. Estos procesos software dependerán del ciclo de vida seleccionado, pero también de las políticas aplicadas en la organización, la experiencia del gestor del proyecto, etc. Se puede afirmar que si dicha ontología o representación de conocimiento existe, podría definirse un mapeado entre ambas ontologías para la unión del conocimiento en la gestión de proyectos al desarrollo del proyecto software.

En la Figura 4, dadas dos ontologías, PMO y otra que represente el conocimiento sobre los procesos software, ambas pueden ser unidas utilizando un mapeado del

conocimiento. De hecho, en la actualidad existen varios trabajos abiertos sobre el mapeado de ontologías [18], que incluyen entornos de trabajo para el mapeado, métodos, herramientas, traductores, mediadores y técnicas.

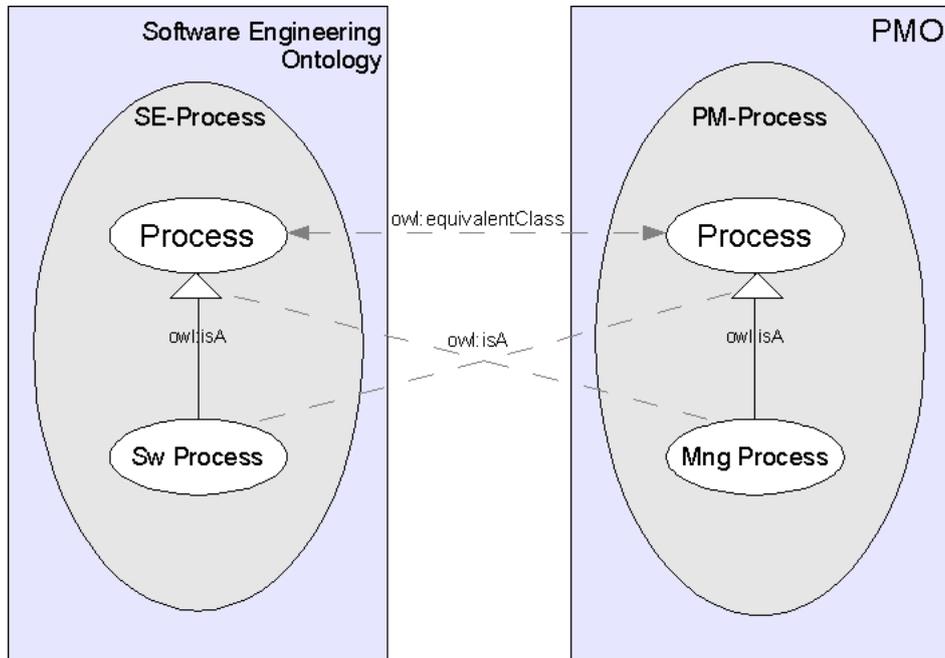


Figura 3. Un ejemplo de mapeado de ontologías para dos ontologías de áreas de conocimiento diferentes.

#### 4. Conclusiones

En este artículo se ha presentado *Project Management Ontology*, una ontología basada en el contenido del PMBOK que presenta los principales conceptos y relaciones. Esta representación del conocimiento proporciona una visión semántica de la información del proyecto utilizando el enfoque de gestión.

Este trabajo propone un conjunto de ontologías básicas que son necesarias para comenzar a capturar y salvar la información de gestión de los proyectos en un formato independiente de las aplicaciones utilizadas, facilitando así mismo el proceso de interoperabilidad e intercambio de información. Aunque el proceso de desarrollo de ontologías es duro y bastante largo, la necesidad de proporcionar y obtener el conocimiento disponible sobre la gestión de proyectos es fundamental para gestionar de una manera cada

vez más eficiente. De hecho, en la actualidad, existe una gran cantidad de grupos de investigación dedicados a la gestión del conocimiento.

Así mismo, en este artículo se han mostrado las principales características de *Project Management Ontology* (PMO). PMO está compuesta de varias ontologías, donde cada una desarrolla una parte del conocimiento de la gestión de proyectos. Esta estructuración por partes de conocimiento, ha permitido trabajar individualmente con cada una de ellas (dividiendo el problema de la representación del conocimiento en partes más pequeñas), lo que ha facilitado su posterior proceso de integración. Así mismo, en la actualidad se está tratando de unir esta ontología con ontologías de otras áreas de conocimiento.

#### **4. Trabajo Futuro**

El principal problema para la validación de una ontología aparece cuando dicha ontología no está suficientemente evaluada, no esté consensuada, o que no se haya comunicado de una manera efectiva al colectivo principalmente interesado en la utilización del conocimiento inherente a la ontología. Por ello, es necesario establecer un marco para que el proceso de desarrollo de la ontología proporcione una verificación y evaluación de su contenido. Por ello, la ontología presentada en este artículo necesita de una validación interna y otra externa, basándose en el trabajo de Abran *et al.* [5].

Otros sistemas de validación de la ontología afectan a la propia fuente de obtención de los conceptos de la ontología PMO. Los conceptos de gestión de proyectos definidos en el PMBOK se describen de una manera principalmente narrativa, y por lo tanto, éstos deben ser normalizados en alguno de los sistemas de conocimiento (OpenCyc, SUMO) que proporcionen una definición de los conceptos presentes en la ontología usando conceptos comunes y generales de las *Upper Ontologies*.

#### **Agradecimientos**

El desarrollo de la investigación asociada a este artículo ha sido posible gracias a la financiación del proyecto de investigación TIN2004-06689-C03-01 por el Ministerio de Educación y Ciencia.

## Referencias

- [1] Scarborough, H., Swan, J. y Preston, J., *Knowledge Management: a Literature Review: Issues in People Management*, Institute of Personnel and Development (Londres), 1999.
- [2] Gašević, D., Djurić, D. y Devedžić, V., *Model Driven Architecture and Ontology Development*, Springer-Verlag, 2006.
- [3] Studer, R., Benjamins, V.R. y Fensel D., “Knowledge Engineering: Principles and Methods”, *Data & Knowledge Engineering*, vol. 25, n° 1-2, pp. 161-197, 1998.
- [4] Sicilia, M.A., Cuadrado-Gallego, J.J., Rodriguez, D., “Ontologies of software artifacts and activities: Resource annotation and application to learning”, en *Proceedings of the 17<sup>th</sup> Software and Knowledge Engineering Conference*, pp. 145-150. Knowledge Systems Institute, 2005.
- [5] Abran, A., Cuadrado-Gallego, J.J., García-Barriocanal, E., Mendes, O., Sánchez-Alonso, S., Sicilia, M.A., "Engineering the ontology for the SWEBOK: Issues and techniques," en *Ontologies for software engineering and software technology*, pp. 103-120. Springer, 2006.
- [6] Abran, A., Moore, J.W. (Exec. eds), Bourque, P., Dupuis, R. (eds), Tripp L., “*Guide to the Software Engineering Body of Knowledge*”, IEEE Computer Society Press, 2004.  
<http://www.swebok.org/>
- [7] Lenat, D.B., “Cyc: A Large-Scale investment in Knowledge Infrastructure”. *Communications of the ACM*, Vol. 38, n° 11, pp. 33-38, 1995.
- [8] Pagels, M. *The DARPA Agent Markup Language Ontology Library* [online], <http://www.daml.org/ontologies/>. Último acceso: 20/04/2008.
- [9] Porter, B. *et al.*, *KKBS / Ontology Projects and Groups Worldwide* [online], <http://www.cs.utexas.edu/users/mfkb/related.html>. Último acceso: 20/04/2008.
- [10] Standford Medical Informatics, *Protégé Wiki: Protégé Ontology Library* [online], [http://protegewiki.stanford.edu/index.php/Protege\\_Ontology\\_Library](http://protegewiki.stanford.edu/index.php/Protege_Ontology_Library). Último acceso: 20/04/2008.
- [11] Project Management Institute, *A guide to project management body of knowledge: PMBOK guide. 3rd ed.*, Project Management Institute, 2004.
- [12] Noy, N.F., McGuinness, D.L., *Ontology Development 101: A Guide to Creating your First Ontology*, KSL Technical Report KSL-01-05, 2001.

- [13] Project Management Institute, *Practice Standard for Work Breakdown Structures. 2nd ed.*, Project Management Institute, 2006.
- [14] Heflin, J., Luke, S., *Simple HTML Ontology Extensions (SHOE): Organization Ontology* [online], <http://www.cs.umd.edu/projects/plus/SHOE/onts/org1.0.html>, Último acceso: 20/04/2008.
- [15] Hobbs, J.R., Pan, F., Time Ontology in OWL: W3C Working Draft 27/09/2006 [online], <http://www.w3.org/TR/owl-time/>, Último acceso: 20/04/2008.
- [16] Kerzner, H., *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. 8th ed.*, Willey, 2004.
- [17] White, D., Fortune, J., “Current practice in project management - an empirical study”, *International Journal of Project Management*, vol. 20, nº 1, pp. 1-11, 2002.
- [18] Ehrig, M., Sure, Y., “Ontology Mapping - An Integrated Approach”, *First European Semantic Web Symposium, (ESWS 2004)*, Heraklion (Grecia), 2004.