

# *Ingeniería de Software e Ingeniería del Conocimiento:*

*Tendencias de Investigación e  
Innovación Tecnológica  
en Iberoamérica*



***Editores:***

---

**Raúl A. Aguilar Vera  
Julio C. Díaz Mendoza  
Gerzon E. Gómez Cruz  
Edwin León Bojórquez**

**ISBN: 978-607-707-096-2**



**UADY**  
FACULTAD DE  
MATEMÁTICAS  
"Luz, Ciencia y Verdad"

**Datos catalográficos**

**Tendencias de Investigación e Innovación  
Tecnológica en Iberoamérica**

**Alfaomega Grupo Editor, S. A. de C. V., México**

**ISBN: 978-607-707-096-2**

**Tendencias de Investigación e Innovación  
Tecnológica en Iberoamérica**

Derechos Reservados © Alfaomega Grupo Editor, S. A. de C. V., México

Alfaomega Grupo Editor, noviembre de 2010

© 2010 Alfaomega Grupo Editor, S. A. de C. V., México

Pitágoras 1139, Col. Del Valle, 03100, México, D. F.

Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana  
Registro No. 2317

Pág. Web: <http://www.alfaomega.com.mx>

E-mail: [atencioncliente@alfaomega.com.mx](mailto:atencioncliente@alfaomega.com.mx)

**ISBN: 978-607-707-096-2**

**Derechos Reservados**

Esta obra es propiedad intelectual de su autor y los derechos de publicación en lengua española han sido legalmente transferidos al editor. Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio sin permiso por escrito del propietario de los derechos del copyright.

**Nota importante:**

La información contenida en esta obra tiene un fin exclusivamente didáctico, y por lo tanto, no está previsto su aprovechamiento a nivel profesional o industrial. Las indicaciones técnicas y programas incluidos, han sido elaborados con gran cuidado por el autor y reproducidos bajo estrictas normas de control. ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S. A., DE C.V. no será jurídicamente responsable por: errores u omisiones: daños y perjuicios que se pudieran atribuir al uso de la información comprendida en este libro, ni por la utilización indebida que pudiera dársele.

**Impreso en México. Printed in Mexico.**

**Empresas del grupo:**

**México:** Alfaomega Grupo Editor, S. A. de C. V. - Pitágoras 1139, Col. Del Valle, México, D.F. - C.P. 03100, Tel. (52-55) 5089-7740 - Fax: (52-55)-5575-2420/2490. Sin costo: 01-800-020-4396  
E-mail: [atencionalcliente@alfaomega.com.mx](mailto:atencionalcliente@alfaomega.com.mx)

**Colombia:** Alfaomega Colombiana, S. A. - Carrera 15 No. 64 A 29 - PBX (57-1) 2100122, Bogotá, Colombia, Fax: (57-1)-6068648 E-mail: [scliente@alfaomega.com.co](mailto:scliente@alfaomega.com.co)

**Chile:** Alfaomega Grupo Editor, S. A. - General del Canto 370 - Providencia, Santiago, Chile  
Tel. (56-2) 235-4248 - Fax: (56-2)-235-5786 - E-mail: [agechile@alfaomega.cl](mailto:agechile@alfaomega.cl)

**Argentina:** Alfaomega Grupo Editor Argentina, S. A. - Paraguay 1307 P.B. "11", Buenos Aires, Argentina, C.P. 1057 - Tel.: (54-11) - 4811-7183/8352, E-mail: [ventas@alfaomegaeditor.com.ar](mailto:ventas@alfaomegaeditor.com.ar)

*Ingeniería de Software e  
Ingeniería del Conocimiento:*

*Tendencias de Investigación e  
Innovación Tecnológica  
en Iberoamérica*

*Editores:*

Raúl A. Aguilar Vera  
Julio C. Díaz Mendoza  
Gerzon E. Gómez Cruz  
Edwin León Bojórquez.

ISBN: 978-607-707-096-2

Alfaomega Grupo Editor

Teste Colaborativo de Software Público Brasileiro .....	96
---	----

*Paulo Siqueira, Adalberto Crespo, Miguel Argollo, Celso Barros y Mario Jino*

## **Mejora de Procesos**

Experiencia en la Implantación de MoProSoft en una Empresa Escolar: caso AvanTI.....	109
--	-----

*María Astoria, Brenda Flores y Gloria Chávez*

Adoptando los Procesos de la Categoría de Operación de COMPETISOFT a través de una Guía Basada en Plantillas .....	119
--	-----

*Miguel Morales, Guadalupe Ibarguengoitia, Francisco Pino y Mario Piattini*

Modelos de Gestión de Servicios de TI en las Pequeñas y Medianas Empresas: Una Revisión Sistemática.....	131
--	-----

*Gerzon Gómez, Ángel Gomez y Sarita Domínguez*

Procesos de Software de la 29110 Guiados por Historias de Usuario.....	142
--	-----

*Sergio Cárdenas, Francisco Pino, Guadalupe Ibarguengoitia y Mario Piattini*

Ontología para el ciclo de vida de los procesos de negocio implementados con servicios.....	151
---	-----

*Andrea Delgado, Francisco Ruiz e Ignacio Garcia*

Enterprise Architecture Responsibilities and People Roles.....	163
--	-----

*Igor Aguilar, José Carrillo y Edmundo Tovar*

Experience Factory Infrastructure as a basis for Knowledge Management in a Software Process Improvement Program.....	174
--	-----

*Brenda Flores & Oscar Rodríguez*

## **Herramientas y Técnicas de Software**

Análisis de Taxonomías de Herramientas CASE y su Asociación con los Procesos Relacionados al Desarrollo y Mantenimiento de Software .....	185
---	-----

*Sandra Gastelum y Brenda Flores*

## Prefacio

El proceso de construcción software como disciplina ingenieril, requiere de principios, metodologías, técnicas y herramientas que únicamente pueden ser obtenidos y validados mediante la investigación, desarrollo e innovación tecnológica. Tradicionalmente, la Ingeniería de Software y la Ingeniería del Conocimiento han abordado el proceso de construcción software bajo aproximaciones diferentes. Sin embargo, la complejidad de los problemas que actualmente pueden ser tratados mediante soluciones software, es tan elevada, que el intercambio en los avances obtenidos en ambas disciplinas resulta beneficioso para cada una de ellas, y en consecuencia conveniente para la construcción del software, concebido como proceso ingenieril.

Las Jornadas Iberoamericanas de Ingeniería de Software e Ingeniería del Conocimiento (JIISIC) han representado desde su primera edición en 2001, un foro de encuentro internacional de científicos y profesionales dedicados al estudio e investigación de la Ingeniería de Software y de la Ingeniería del Conocimiento. Su propósito fundamental es fomentar el contacto, la cooperación científica y profesional, así como la transferencia de tecnología en el ámbito Iberoamericano.

Las JIISIC en su edición 2010, celebradas en Mérida (México), recibieron propuestas de autores de diversos países en el contexto Iberoamericano: Argentina, Brasil, Colombia, Cuba, Chile, Ecuador, España, México, Uruguay y Venezuela. **Ingeniería de Software e Ingeniería del Conocimiento: Tendencias de Investigación e Innovación Tecnológica en Iberoamérica**, compila una selección de los mejores artículos evaluados y presentados durante las JIISIC'10, los cuales incluyen temas vinculados con:

- Ingeniería de Requisitos
- Diseño y Construcción Software
- Pruebas del Software,
- Herramientas y Técnicas de Software
- Métricas e Ingeniería de Software Empírica
- Mejora de Procesos
- Minería de Datos
- Aplicaciones innovadoras de las TIC

Los editores del libro agradecen la participación de aquellos autores que eligieron a las JIISIC'10 como alternativa para la difusión de sus trabajos de investigación; también agradecen a los miembros del comité de programa de las JIISIC'10 su valiosa colaboración en el proceso de revisión; estamos seguros que sus comentarios serán valorados positivamente por los autores de los artículos aceptados, así como de aquellos que no han podido ser incluidos en esta edición.

Noviembre de 2010

*Raúl Antonio Aguilar Vera,  
Julio César Díaz Mendoza,  
Gerzon Eliud Gómez Cruz,  
Edwin Jesús León Bojórquez.*

## **Organización**

Las Jornadas Iberoamericanas de Ingeniería de Software e Ingeniería del Conocimiento realizadas con éxito en diversos países de Iberoamérica: Argentina (Buenos Aires), Brasil (Salvador de Bahía), Chile (Valdivia), España (Madrid), México (Puebla), Perú (Lima), Ecuador (Guayaquil), retornan a México en su edición 2010, en esta ocasión a una ciudad colonial del sureste mexicano: Mérida, la Ciudad Blanca.

A continuación, se muestra la lista de integrantes de los comités involucrados con la organización del evento.

### **Comité Permanente**

Silvia Teresita Acuña,  
Universidad Autónoma de Madrid, España.

Manuel Mendonça,  
Universidad del Salvador, Brasil.

Oscar Dieste Tubio,  
Universidad Politécnica de Madrid, España.

José Antonio Pow-Sang,  
Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.

### **Comité Organizador**

La organización de las JIISIC'10 estuvo a cargo de profesores de la Facultad de Matemáticas de la Universidad Autónoma de Yucatán.

Raúl Antonio Aguilar Vera (Presidente),  
Julio Cesar Díaz Mendoza,  
Edgar Cambranes Martínez,  
Emilio Gabriel Rejón Herrera,  
Gerzon Eliud Gómez Cruz,  
Rodrigo Esparza Sánchez,  
Edwin Jesús León Bojorquez,  
Antonio Armando Aguilera Güemez,  
Francisco Moo Mena,  
Juan Pablo Ucán Pech.

## Comité de Programa

Aguilar Raúl, Universidad Autónoma de Yucatán (México),  
Alor Hernandez Giner, Instituto Tecnológico de Orizaba (México),  
Aveledo Marianela, Universidad Simón Bolívar (Venezuela),  
Carrizo Dante, Universidad de Atacama (Chile),  
De Antonio Angélica, Universidad Politécnica de Madrid (España),  
Duran Amador, Universidad de Sevilla (España),  
Echagüe Juan Vicente, Universidad de la República (Uruguay),  
Echeverri Jaime, Universidad de Medellín (Colombia),  
Ferre Xavier, Universidad Politécnica de Madrid (España),  
Garcia Francisco Jose, Universidad de Salamanca (España),  
Gallardo Jose, Universidad Católica del Norte (Chile),  
Gasca Gloria, Universidad de Medellin (Colombia),  
Gómez Gerzon, Universidad Autónoma de Yucatán (México),  
Gomez Marta Nieves, Universidad San Pablo CEU (España),  
González Víctor, Universidad Autónoma de Nuevo León (México),  
Imbert Ricardo, Universidad Politécnica de Madrid (España),  
Juárez José, Universidad Autónoma de Baja California (México),  
Jino Mario, Universidade Estadual de Campinas (Brasil),  
La Serna Nora, Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Perú),  
Licea Guillermo, Universidad Autónoma de Baja California (México),  
Macias Jose Antonio, Universidad Autónoma de Madrid (España),  
Medinilla Nelson, Universidad Politécnica de Madrid (España),  
Méndez Gonzalo, Universidad Complutense de Madrid (España),  
Moreno Ana M., Universidad Politécnica de Madrid (España),  
Muñoz Jaime, Universidad Autónoma de Aguascalientes (México),  
Oktaba Hanna, Universidad Nacional Autónoma de México (México),  
Pons Claudia, Universidad Nacional de la Plata (Argentina),  
Ramos Isidro, Universitat Politècnica de Valencia (España),  
Rodríguez Gustavo, INAOE (México),  
Sanchez Maria Isabel, Universidad Carlos III de Madrid (España),  
Solari Martín, Universidad ORT (Uruguay),  
Tirado Francisco, Universidad Complutense de Madrid (España),  
Toval Ambrosio, Universidad de Murcia (España),  
Triñanes Jorge, Universidad de la República (Uruguay),  
Tupia Manuel, Pontificia Universidad Católica del Perú (Perú),  
Vergilio Silvia Regina, Universidade Federal do Paraná (Brasil),  
Villavicencio Monica, Escuela Superior Politécnica del Litoral (Ecuador),  
Visconti Marcello, Universidad Técnica Federico Santa María (Chile),  
Villalobos Marco, Universidad Tarapacá de Arica (Chile),  
Vizcaino Aurora, Universidad de Castilla-La Mancha (España).

# Ontología para el ciclo de vida de los procesos de negocio implementados con servicios

Andrea Delgado<sup>1</sup>, Francisco Ruiz<sup>2</sup>, Ignacio García-Rodríguez de Guzmán<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Computación, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Julio Herrera y Reissig 565, 1300 Montevideo, Uruguay  
adelgado@fing.edu.uy

<sup>2</sup> Grupo Alarcos, Depto. de Tecnologías y Sistemas de Información, Universidad de Castilla – La Mancha, Paseo de la Universidad 4, 13071, Ciudad Real, España  
{francisco.ruizg, ignacio.grodriguez}@uclm.es

**Abstract.** Las organizaciones se están centrando cada vez más en la gestión de sus procesos de negocio (Business Process Management, BPM) basada en su ciclo de vida desde el modelado, validación, simulación, implementación y ejecución hasta su evaluación. La realización de procesos de negocio con orientación a servicios (Service Oriented Computing, SOC) permite separar la definición de estos procesos de su implementación, permitiendo la introducción de cambios en cada área con mínimo impacto en la otra reduciendo de esta forma la brecha entre el negocio y las tecnologías. Cada fase en el ciclo de vida de los procesos de negocio comprende distintos elementos y relaciones entre estos, que es importante clarificar para brindar la base conceptual de su utilización. La ontología que se presenta integra el marco MINERVA definido para soportar la mejora continua de procesos de negocio implementados como servicios con desarrollo dirigido por modelos (Model Driven Development, MDD).

**Keywords:** PN, SOC, BPM, BPMN, MINERVA, SOC, MDD, SOA, MDA, BMPsO, SOMsO.

## 1 Introducción

Un proceso de negocio (PN) se define como un conjunto de actividades realizadas en coordinación en un ambiente organizacional para alcanzar un objetivo del negocio [1]. En los últimos años la gestión de procesos de negocio (Business Process Management, BPM) [2] ha ganado atención en las organizaciones, combinando tecnologías y herramientas para soportar el ciclo de vida de los PN [1][3][4]. El ciclo de vida de los PN que adoptamos en nuestro trabajo es el definido en [1], que consta de cuatro fases: Diseño&Análisis donde los PN son modelados utilizando notaciones como BPMN [5] y

son validados utilizando por ejemplo simulación; Configuración donde los PN son implementados, testeados y desplegados en la organización; Ejecución donde las instancias de los PN ocurren y se registra información relevante en archivos de log. Finalmente, Evaluación, donde la información de la ejecución de PN registrada en los archivos de log es analizada utilizando técnicas como Minería de Procesos (Process Mining) [6], buscando oportunidades de mejora.

La llamada brecha negocio-sistemas tiene su origen en la implementación de procesos de negocio mediante sistemas software desarrollados con una visión vertical de la organización por áreas o secciones, sin tener en cuenta la visión horizontal de la misma que representan los procesos de negocio. Se han requerido importantes esfuerzos para la integración de dichos sistemas, previniendo que las organizaciones puedan reaccionar ágilmente a los cambios en el negocio y las tecnologías. La implementación de procesos de negocio con servicios soporta la visión horizontal donde los procesos de negocio son elementos clave de la organización para obtener los resultados del negocio definidos. Aporta también a la reducción de la brecha negocio-sistemas relacionando a la vez que separando la definición de los procesos de negocio de su implementación técnica, permitiendo la introducción de cambios en cada área con mínimo impacto en la otra, para lograr la agilidad organizacional requerida [7][8].

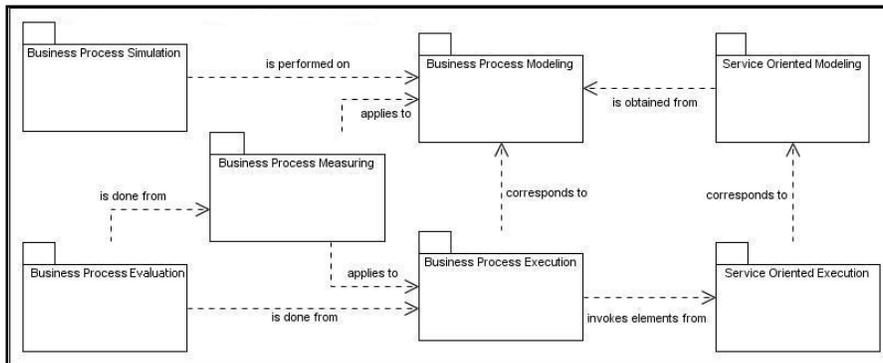
La ontología que se presenta, explicita los términos y relaciones para soportar el ciclo de vida de los procesos de negocio con servicios, definiendo la base conceptual para los elementos en el marco MINERVA (Model drIveN and sErvice oRiented framework for the continuous business processes improVement & relAted tools) [9] que integra los paradigmas BPM, SOC y MDD para soportar la mejora continua de procesos de negocio. El resto del artículo está organizado de la siguiente forma: en la sección 2 se presenta el contexto y la definición de la ontología propuesta, en la sección 3 se describen las sub-ontologías que la integran incluyendo un ejemplo de las relaciones definidas, en la sección 4 se describen los trabajos relacionados y finalmente en la sección 5 se presentan conclusiones y trabajo futuro.

## **2 Contexto y definición de la ontología propuesta**

El marco MINERVA [9] consta de tres dimensiones: conceptual [10], metodológica [11] y de herramientas [12]. El objetivo del marco es soportar la mejora continua de procesos de negocio aplicando los paradigmas SOC y MDD a los PN. Las dimensiones de MINERVA se definen para estructurar los elementos que componen el marco, para lo cual resulta imprescindible definirlos. En la dimensión conceptual se realizan estas definiciones, incluyendo la ontología para el ciclo de vida de los PN implementados con servicios, como base para el resto. La orientación a servicios (SOC) refiere al desarrollo de software basado en servicios para soportar la distribución de aplicaciones masivas de bajo costo, interoperables y evolutivas [13]. La Arquitectura Orientada a Servicios (SOA) [7][8] es un estilo de arquitectura para implementar SOC. El desarrollo dirigido por

modelos (MDD) [14] basa el desarrollo de software en modelos sobre los que se definen transformaciones para navegar de un modelo a otro. MDD permite la obtención automática de modelos de servicios desde modelos de PN, aportando a la trazabilidad entre los PN y los servicios que los implementan. La Arquitectura Dirigida por Modelos (MDA) [15] es la realización de MDD por OMG.

Una ontología define elementos relevantes (conceptos, relaciones) en un área de interés [16] proveyendo al vocabulario de significado y formalizando restricciones en su uso. La ontología definida puede ser clasificada de acuerdo con la “Taxonomía de ontologías para Ingeniería y Tecnología de Software (SET)” [17] en el ítem A) Ontología de dominio/Tecnología de Software/Tecnología y Sistemas de Información/Principios y Modelos. Esto implica que “el principal objetivo de la ontología es representar (por lo menos parcialmente) el conocimiento de un cierto sub-dominio en SET”[17]. La definición de una ontología completa para describir el ciclo de vida de los PN y su implementación como servicios, tiene como principal utilidad la de clarificar los conceptos y relaciones involucrados en las distintas fases del ciclo de vida de los PN, lo que permite un mejor entendimiento de los elementos de los PN en cada una. Otro aporte es a la trazabilidad entre conceptos involucrados en las distintas fases, lo que nos permite conocer como un elemento en un PN (o un PN completo) se transforma desde su modelado hasta su ejecución. En base al ciclo de vida de los PN adoptado [1], identificamos cinco grupos de elementos relacionados con sus fases, definiendo cinco sub-ontologías para el modelado, simulación, ejecución, medición y evaluación de PN. Para la orientación a servicios identificamos dos grupos conceptuales definiendo dos sub-ontologías para el modelado y ejecución de servicios. Las siete sub-ontologías que integran la ontología se muestran en la Fig. 1.



**Fig. 1.** Ontología para procesos de negocio y su implementación con servicios

Sobre la parte izquierda y media de la Fig. 1 se muestran las cinco sub-ontologías relacionadas con el ciclo de vida de los PN, y sobre la derecha las dos de servicios. Horizontalmente en el cuadrante derecho, se puede observar que la sub-ontología de Modelado Orientado a Servicios (Service Oriented Modeling sub-Ontology, SOMsO) se

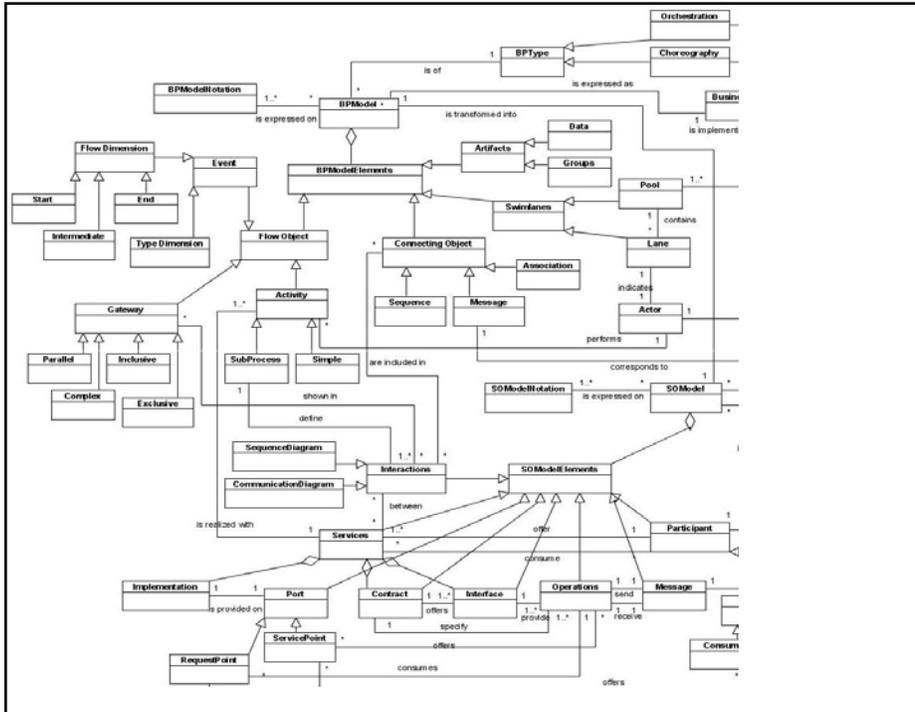
obtiene de la sub-ontología de Modelado de Procesos de Negocio (Business Process Modeling sub-Ontology, BPMsO), y que la sub-ontología de Ejecución Orientada a Servicios (SOEsO) es “usada” por la sub-ontología de Ejecución de Procesos de Negocio (Business Process Execution sub-Ontology, BPEsO), donde BPEsO “usa” elementos de SOEsO significando que en la ejecución de PN los servicios que los implementan serán invocados. Verticalmente en el mismo cuadrante, BPEsO corresponde a BPMsO, donde elementos de la primera se trazan a elementos de la segunda, lo mismo ocurre con SOEsO que se corresponde con SOMsO. Las tres sub-ontologías en el cuadrante izquierdo son de: Medición de PN (Business Process Measuring sub-Ontology, BPMEsO) que integra medidas para modelos y ejecución de PN [4][18], Evaluación de PN (Business Process Evaluation sub-Ontology, BPEVsO) que utiliza elementos de BPEsO y BPMEsO, definiendo elementos para el análisis de los archivos de log de ejecución, y Simulación de PN (Business Process Simulation sub-Ontology, BPSsO) que define elementos involucrados en la simulación de modelos.

### **3 Descripción de las sub-ontologías definidas**

En esta sección se describen las sub-ontologías definidas, presentando sus conceptos y relaciones principales en lenguaje natural y con un diagrama de clases UML. Para la definición de cada sub-ontología, el procedimiento seguido comienza con la identificación de los conceptos y relaciones relevantes para cada dominio según nuestro punto de vista, selección de fuentes existentes (estándares, modelos, metamodelos, otras ontologías) que describen el dominio en estudio, evaluando las definiciones dadas a dichos conceptos, para luego adaptarlas, o adoptarlas directamente si se corresponden con nuestra interpretación del dominio. Cuando los conceptos no se encuentran definidos los integramos como nuevos conceptos. El objetivo es definir ontologías simples pero también capaces de expresar los conceptos y relaciones más relevantes de los grupos conceptuales, sin detalles específicos asociados a interpretaciones diversas de conceptos de PN y servicios.

#### **3.1 Modelado de PN (BPMsO) y Servicios (SOMsO)**

Por razones de espacio, las sub-ontologías para modelado de procesos de negocio (BPMsO) y modelado orientado a servicios (SOMsO) que definen y relacionan conceptos de esos modelos, se mencionan brevemente, pudiendo consultarse en [10]. La Fig. 2 muestra los principales conceptos y relaciones definidos.



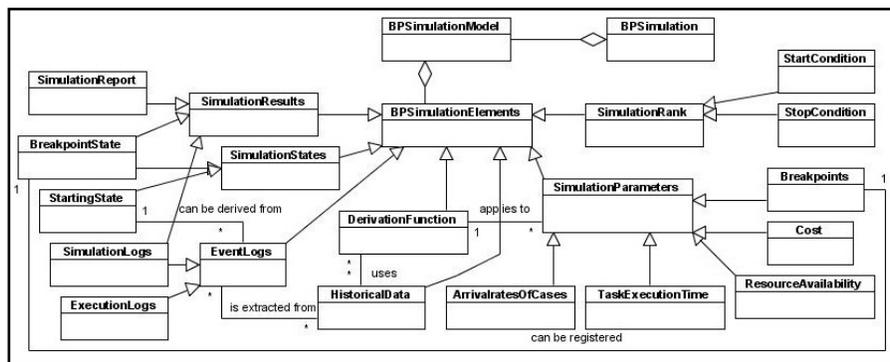
**Fig. 2.** Diagrama de clases UML de sub-ontologías de modelado BPMsO y SOMsO

En [10] se describen en detalle los conceptos y relaciones definidos para BPMsO y SOMsO, así como las fuentes evaluadas y analizadas para definir los ya existentes: para BPMsO los estándares de OMG BPMN [5] de notación de PN y BPDM [19] de metamodelado; y para SOMsO varios estándares internacionales existentes, incluyendo por ejemplo SoaML [20] de OMG. BPMsO define los conceptos necesarios para expresar un modelo de proceso de negocio, y sus relaciones, adoptando la mayoría de las definiciones de los estándares mencionados, ya que en nuestra visión contemplan los elementos más relevantes como ser Swimlanes (Pool, Lane), Objetos de Flujo (Activity, Sub-process, Gateway), Objetos de Conexión (Sequence, Message) y Artefactos. Para la definición de SOMsO como los conceptos y definiciones existentes en los estándares evaluados son heterogéneas, se realizó un análisis comparativo mediante el cual definimos cada concepto identificado, adoptando la definición de una fuente con la que acordamos, o adaptándola de varias fuentes combinando las distintas definiciones según nuestra interpretación del concepto. Entre los principales conceptos definidos un Servicio se compone de una Implementación ofrecida o requerida en un Puerto (Service, Request) por

los Participantes involucrados que proveen y consumen servicios, un Contrato que especifica Operaciones e Interfaces asociadas, entre otros.

### 3.2 Simulación de PN (BPSsO)

La simulación de procesos de negocio provee escenarios para la simulación de la ejecución de procesos de negocio mediante la utilización de parámetros que pueden ser especificados. Como parte de la definición de BPSsO se evaluaron las definiciones en [21]. En la Fig. 3 se presenta el diagrama de clases UML asociado.



**Fig. 3.** Diagrama de clases UML para la sub-ontología de Simulación (BPSsO)

Entre los conceptos definidos que se observan en la Fig. 3, un modelo de simulación (BPSimulationModel) se compone de elementos de simulación (BPSimulationElements), entre los cuales se definen parámetros de simulación (SimulationParameters), logs de eventos (EventLogs), funciones derivadas (DerivationFunctions) que se aplican sobre los parámetros y pueden ser especificadas utilizando datos extraídos de logs de ejecuciones reales o simulaciones previas (ExecutionLogs, SimulationLogs). Entre los parámetros a especificar se encuentran por ejemplo tiempo de ejecución de las tareas (TaskExecutionTime) o costo (Cost), o puntos de parada (BreakPoints) para detener la simulación y evaluar el estado en dichos puntos. Los resultados de la simulación (SimulationResults) se registran en los logs de simulación y se informan en reportes de simulación (SimulationReports). Un estado de parada (BreakingState) puede registrarse también para ser utilizado como estado de comienzo (StartState) en una simulación posterior, utilizando los datos acumulados.

### 3.3 Medición de PN (BPMEsO)

Para la medición de procesos de negocio integramos una ontología de medición existente la Ontología de Medición de Software (Software Measurement Ontology, SMO) [22] que

define conceptos y relaciones para describir medidas de software. Siendo que un modelo o ejecución de un proceso de negocio puede verse como un artefacto conceptual del desarrollo de software como lo es un documento de requerimientos, podemos aplicar directamente SMO para medirlos. Medidas para modelos y ejecución de procesos de negocio como en [4][19] pueden expresarse mediante SMO.

### 3.4 Ejecución de PN (BPEsO).

Para la ejecución de procesos de negocio se evaluó el metamodelo integrado de WS-BPEL y XPDL definido en [23] que cubre los conceptos definidos en ambos metamodelos, siendo estos los dos mayores estándares para la ejecución de procesos de negocio. En la Fig. 4 se presenta el diagrama de clases UML asociado.

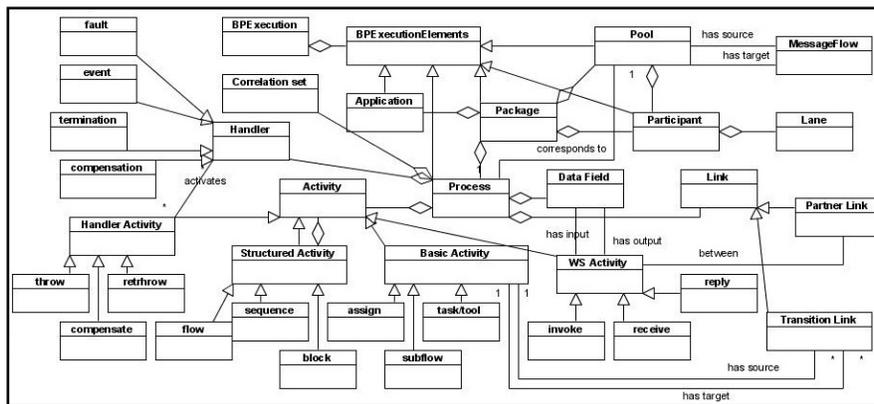


Fig. 4. Diagrama de clases UML para la sub-ontología de Ejecución PN (BPEsO)

Para la ejecución de procesos de negocio los conceptos definidos están relacionados completamente con el modelado de los procesos de negocio, ya que ambos estándares utilizan conceptos similares a los descritos en BPMsO, como pueden ser Pool, Lane, participante, Actividad, entre otros, agregando conceptos específicos para la implementación de procesos de negocio como ser Handler para manejar los eventos que pueden ocurrir en la ejecución, flujo de mensajes, entre otros.

### 3.5 Ejecución de servicios (SOEsO).

Para la ejecución de servicios se definen conceptos relacionados con el modelado de la implementación de software teniendo en cuenta el estándar UML de OMG, de forma de representar distintas tecnologías como pueden ser JEE o WS. En la Fig. 5 se presenta el diagrama de clases UML para SOEsO. Se definen elementos de ejecución

(SOExecutionElements) que incluyen términos como componentes, interface, puerto, clase, entre otros. La ejecución orientada a servicios (SOExecution) se obtiene del SOModel definido en SOMsO. Un componente se compone de otros componentes y/o clases, tiene puertos para proveer y requerir servicios, asociados con las interfaces provistas o requeridas que son usadas y/o implementadas por los componentes.

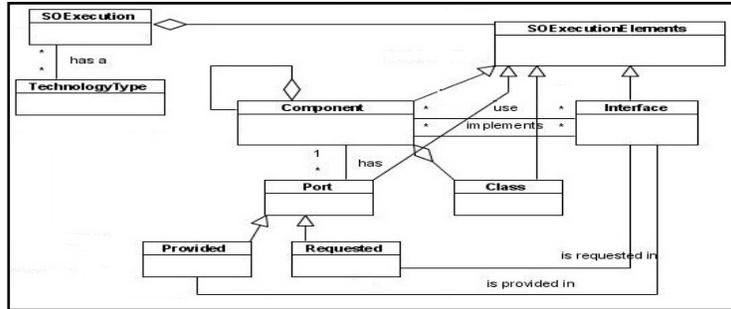


Fig. 5. Diagrama de clases UML para la sub-ontología de Ejecución SO (SOEsO)

### 3.6 Evaluación de PN (BPEVsO)

Para la evaluación de la ejecución de procesos de negocio, un elemento principal refiere al registro de logs de ejecución con información definida como relevante para el PN en estudio. Para definir BPEVsO se evaluó el formato de logs de workflow MXML [24] definido por el marco para Minería de Procesos ProM [25] en [21], así como [26]. En la Fig. 6 se presenta el diagrama de clases UML para BPEVsO.

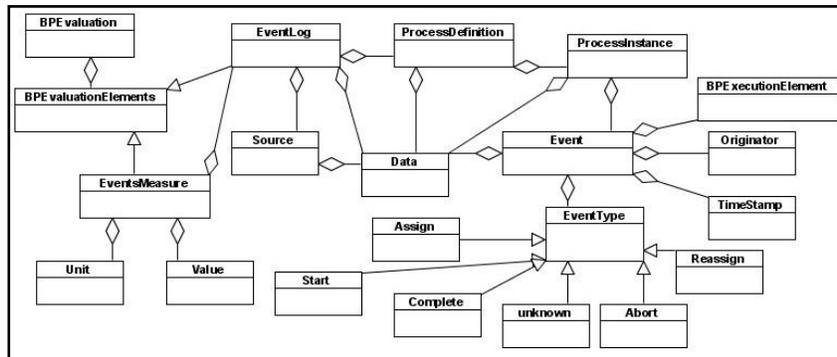


Fig. 6. Diagrama de clases UML para la sub-ontología de Evaluación (BPEVsO)

Entre los conceptos definidos, el log de eventos (EventLog) define la información que será registrada, asociada al proceso (ProcessDefinition) y a la instancia del proceso

(ProcessInstance). Se definen los tipos de evento (EventType) que pueden ocurrir, en qué tipo de elemento de ejecución (BPEExecutionElement) pueden ocurrir (Actividad, sub-proceso, Gateway), indicando el tiempo de la ocurrencia y el originador. Otra información que puede ser registrada refiere a medidas de los eventos (EventMeasures) de los logs de eventos, como tiempo de procesamiento o costo de las actividades.

### 3.7 Ejemplo de relaciones entre sub-ontologías

Las relaciones entre las sub-ontologías definidas nos permiten navegar de una Fase del ciclo de vida de PN soportado por las ontologías, a otra, como puede ser del modelado de PN a su diseño en modelos de servicios, y a su ejecución en motores de procesos invocando los componentes que implementan los servicios asociados a los PN modelados, aportando a la definición y seguimiento de la trazabilidad entre los elementos involucrados. Se incluyen a modo de ejemplo algunas de las relaciones entre la sub-ontología de evaluación de procesos de negocio (BPEVsO) y las de ejecución (BPEsO) y medición (BPMEsO), en la Tabla 1. Las relaciones definidas entre las sub-ontologías de modelado BPMsO y SOMsO pueden verse en [10].

**Tabla 1.** Relaciones de la sub-ontología BPEVsO con las de BPEsO y BPMEsO

Nombre	Conceptos	Definición
Corresponds-to	BPEsO.ExecutionElement- BPEVsOExecutionElement	El evento a registrar en BPEV corresponde a un element de ejecución en BPE.
Corresponds-to	BPEsO.Process- BPEVsO.ProcessInstance	Ejecución de un proceso en BPE corresponde a instancia de proceso en BPEV
Corresponds-to	BPEVsO.EventsMeasure- BPMEsO.Measure	Medidas definidas en BPEV agrupando eventos corresponde a Medida en BPME
Corresponds-to	BPEVsO.Unit-BPMEsO. UnitOfMeasurement	Unidad de registro de medida en BPEV se define como unidad de medida en BPME
Corresponds-to	BPEVsO.Value-BPMEsO. MeasurementResult	Valor de una medida en BPEV es un resultado de medición en BPME

## 4 Trabajos relacionados

El uso de ontologías en las Ciencias de la Computación y Tecnologías y su inclusión como línea de investigación y aplicación es bastante reciente, como se indica en [17], siendo clave el rol que juegan en la Web Semántica. En esa dirección existen varias propuestas ontológicas definidas para servir de integración conceptual y semántica entre distintos sistemas. En el dominio de los PN y los servicios, se puede destacar la iniciativa para la gestión de PN semántica (SBPM) [27] extendiendo BPM con la Web Semántica y

Servicios Web (WS) semánticos, en el proyecto SUPER [28][29] que define un conjunto de ontologías para SBPM, agregando elementos semánticos al modelado, ejecución y análisis de ejecución de PN, con el objetivo de permitir razonamientos sobre la composición y sustitución de procesos así como sobre la existencia de un orden válido de ejecución de un conjunto de WS con restricciones, para realizar un determinado PN. Si bien las ontologías definidas están relacionadas con las nuestras en cuanto a fuentes utilizadas (BPMN, MXML) y a que describen las fases del ciclo de vida de PN, su objetivo y definición es distinto, ya que en nuestro marco son definidas para conceptualizar y clarificar los elementos involucrados. Otras definiciones ontológicas se enfocan en aspectos específicos de los PN, como el proyecto m3pe [30][31] que define una ontología (m3po) basada en metamodelos y modelos existentes de workflows y coreografías, que permita representar procesos internos y procesos externos asociados. En [32] se plantea el monitoreo y minería semánticos de PN, como forma de extender el análisis de la ejecución de PN basado en conceptos, utilizando como base ontologías. En [29] y [32] se pueden ver otros trabajos relacionados con cada uno de esos enfoques para el uso de ontologías en el ciclo de vida de PN.

## 5 Conclusiones y trabajo futuro

La ontología propuesta para el ciclo de vida de los procesos de negocio implementados con servicios se compone de siete sub-ontologías para definir los conceptos y relaciones involucrados, que integran la dimensión conceptual de nuestro trabajo en el marco MINERVA. Nos permite definir, organizar y reutilizar conocimiento sobre los conceptos involucrados en la gestión de procesos de negocio y su ciclo de vida, así como en su diseño e implementación como servicios. La definición realizada nos ayudó a identificar que elementos de la realidad es importante utilizar en modelos y metamodelos que la representen. Es la base conceptual para las transformaciones QVT [33] en que estamos trabajando [12], desde modelos de procesos de negocio en BPMN a modelos de servicios en SoaML, para obtener automáticamente servicios desde procesos de negocio. También definiremos un caso de estudio para utilizar en todas las dimensiones de MINERVA aplicando la ontología definida.

**Agradecimientos.** Este trabajo ha sido parcialmente financiado por la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII, Uruguay), proyecto INGENIO (Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Consejería de Educación y Ciencia, España, PAC 08-0154-9262), proyecto ALTAMIRA (Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, España, Fondo Social Europeo, PII2I09-0106-2463), y proyecto PEGASO/MAGO (Ministerio de Ciencia e Innovación MICINN, España, Fondo Europeo de Desarrollo Regional FEDER, TIN2009-13718-C02-01).

## Referencias

1. Weske, M., *BPM Concepts, Languages, Architectures*, Springer, (2007)
2. Smith, H., Fingar, P., *Business Process Management: The third wave*, Meghan-Kieffer, (2003)
3. Mendling, J., *Metrics for process models*, Springer, 978-3-540-89223-6, (2008)
4. van der Aalst, W.M.P., ter Hofstede, A., Weske, M., *Business Process Management: A Survey*, In: *International Conference on Business Process Management*, (2003)
5. *Business Process Modeling Notation (BPMN)*, OMG, (2008)
6. van der Aalst, W.M.P., Reijers, H. A., Medeiros, A., *Business Process Mining: an Industrial Application*, *Information Systems Vol.32 Issue 5*, 713-732, (2007)
7. Erl, T., *Service-Oriented Architecture: Concepts, Technology, and Design*, Prentice Hall, (2005)
8. Krafzig, D., et al., *Enterprise SOA, SOA: Best Practices*, Prentice Hall, (2005)
9. Delgado A., Ruiz F., García-Rodríguez de Guzmán I., Piattini M., *MINERVA: Model driven and service oriented framework for the continuous business processes improvement & related tools*, In: *5th IW on Engineering Service-Oriented Applications (WESOA'09)*, with ICSOC 2009, Stockholm, November (2009).
10. Delgado A., Ruiz F., García-Rodríguez de Guzmán I., Piattini M., *Towards an ontology for service oriented modeling supporting business processes*, 4th. *International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS'10)*, Nice, May (2010).
11. Delgado A., Ruiz F., García-Rodríguez de Guzmán I., Piattini M., *Towards a Service-Oriented and Model-Driven framework with business processes as first-class citizens*, In: *2nd IC on Business Process and Services Computing (BPSC 09)*, Leipzig, March 2009
12. Delgado, A., García - Rodríguez de Guzmán, I., Ruiz, F., Piattini, M.: *Tool support for Service Oriented development from Business Processes*, 2nd *International Workshop on Model-Driven Service Engineering (MOSE'10)*, Málaga, (2010)
13. Papazoglou, M.; Traverso, P.; Dustdar, S.; Leymann, F.: *Service-Oriented Computing: State of the Art and Research Challenge*, IEEE Computer Society, (2007)
14. Mellor, S., Clark, A., Futagami, T., *Model Driven Development - Guest editors introduction*, IEEE Computer Society, September/October, (2003).
15. *Model Driven Architecture (MDA) v. 1.0.1*, OMG, (2003)
16. Gruber, T.R., *A translation approach to portable ontology specifications*, *Knowledge Acquisition*, 5(2), (1993)
17. Ruiz F., Hilara J.R.: *Using Ontologies in Software Engineering and Technology*,
18. Sánchez, L., Delgado, A., Ruiz, F., García, F., Piattini, M.: *Measurement and Maturity of Business Processes*. Eds.: Cardoso, J., van der Aalst, W., *Handbook of Research on Business Process Modeling*. (IGI Global), pp. 532-556, (2009)
19. *Business Process Definition Metamodel (BPDM)*, OMG, (2008)
20. *Soa Modeling Language (SoaML), v.1.0 Beta1*, OMG, (2009)
21. Wynn M., Dumas M., Fidge C., ter Hofstede A., van der Aalst W., *Business Process Simulation for Operational Decision Support*, In *3rd. IW on BPI, BPM, Brisbane*, (2007)
22. García, F., et al., *Towards a Consistent Terminology for Software Measurement*, *Information and Software Technology*, 48, pg 631-644, (2005)
23. Hornung, A. Koschmider, J. Mendling: *Integration of heterogeneous BPM Schemas: The Case of XPDL and BPEL*. In: *CAiSE Forum 2006, Luxembourg*, (2006).
24. *MXML format for workflow logs*, <<http://www.processmining.org>>
25. *ProM, Process Mining Group, Eindhoven University Technology*, <[www.processmining.org](http://www.processmining.org)>

26. Vitolins, V., Business Process Measures. In 6th International Baltic Conference on Databases and Information Systems, June 6-9, Riga, (2004)
27. Hepp, M.; Leymann, F.; Domingue, J.; Wahler, A.; Fensel, D., Semantic BPM: A Vision Towards Using Semantic Web Services for BPM. IEEE ICEBE 2005, (2005)
28. SUPER project (Semantics Utilized for Process management within and between Enterprises), <<http://www.ip-super.org>>
29. Hepp, Martin; Roman, Dumitru: An Ontology Framework for Semantic Business Process Management, Procs. of Wirtschaftsinformatik 2007, (2007)
30. m3pe project (Multi Meta Model Process Engineering) <http://www.m3pe.org/>
31. Haller, A., Oren, E., Kotinurmi, P., m3po: An Ontology to Relate Choreographies to Workflow Models, en IEEE Int.Conf. on Services Computing (SCC'06), (2006)
32. Alves de Medeiros, A.K. , Pedrinaci, C., van der Aalst, W.M.P., Domingue, et al., An Outlook on Semantic Business Process Mining and Monitoring, OTM Confederated Int. Conf. on the Move To Meaningful internet Systems - Volume Part II, (2007)
33. Query/Views/Transformations (QVT), v.1.0, OMG, (2008).