

# Propuesta de Modelo Semántico de Repositorio de Procesos de Negocio para la Gestión de Procesos de Negocio Colaborativos

Juan Pablo Ferreyra\*, Marisa Pérez\*, Claudia Verino\*, Diego Cocconi\*

Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información / Facultad Regional San Francisco /  
Universidad Tecnológica Nacional (UTN)  
Av. de la Universidad 501, San Francisco (2400)  
Córdoba, Argentina, (+54 3564) 431019 / 435402

\*{jpferreyra, mperez, cverino, dcocconi}@sanfrancisco.utn.edu.ar

## Resumen

*La colaboración cada vez más frecuente entre organizaciones para combinar fuerzas en la generación de productos y servicios en los escenarios tan dinámicos y cambiantes generan nuevas necesidades y nuevas formas de redes colaborativas. En este tipo de redes, la colaboración entre las organizaciones se materializa a través de la definición y ejecución procesos colaborativos (CBP), la gestión de repositorios de modelos de procesos en colaborativos es una funcionalidad básica requerida en redes colaborativas de organizaciones. El problema que surge en el intercambio de información entre sistemas de información heterogéneos y distribuidos se conoce como problema de interoperabilidad. Para garantizar la interoperabilidad en el intercambio de información en una colaboración entre organizaciones (heterogénea) es necesario el uso de modelos semánticos basados en ontologías. Para abordar esa problemática, el presente trabajo tiene por objetivo proponer una ontología de repositorio de modelos de procesos de negocio colaborativos que garantice interoperabilidad.*

## 1. Introducción

El contexto dinámico y cambiante al que se ven sometidas las organizaciones en la actualidad, sumado a la amplia adopción de Internet y la diversificación de oferta de productos y servicios, provocan que las organizaciones establezcan relaciones de cooperación para poder adaptarse. En este contexto, las

organizaciones tienden a establecer relaciones de integración, cooperación y colaboración, lo que resulta en nuevas formas de redes colaborativas [1] [2] [3]. Una red colaborativa consiste en organizaciones autónomas, geográficamente distribuidas y heterogéneas que colaboran para lograr objetivos comunes [4]. En este tipo de redes, la colaboración entre las organizaciones se materializa a través de la definición y ejecución procesos colaborativos [5] [3]. Un proceso colaborativo, conocido como coreografía de procesos [6] [7] o CBP (del inglés Collaborative Business Processes), según se describe en [8], especifica la vista global de interacciones entre los roles que desempeñan las organizaciones para alcanzar sus objetivos comunes, sirviendo también como una base contractual para la colaboración establecida. Para llevar a cabo colaboraciones entre varias organizaciones, las mismas deben integrar sus diferentes procesos de negocio privados, acordar ciertos objetivos comunes, coordinar sus acciones e intercambiar información por medio de la definición y ejecución de procesos de negocio colaborativos [5] [3]. La definición de procesos de negocio colaborativos abarca a todas las organizaciones de una cadena de valor colaborativa [9].

La gestión de repositorios de modelos de procesos colaborativos es una funcionalidad básica requerida en redes colaborativas de organizaciones [8]. Un repositorio es una base de datos compartida con información sobre artefactos creados o utilizados por una organización [10]. Un repositorio de modelos de procesos de negocio es un repositorio especializado, específico para almacenar y administrar modelos de procesos de negocio [10]. Uno de los problemas que surge es la heterogeneidad, debido a la diversidad de sistemas Sistema de Información Orientado a Procesos (SIOP, del inglés PAIS: Process-Aware Information

System) o BPMS (Business Process Management System)- existentes, en una red colaborativa, incluso en una misma organización, varios SIOP pueden coexistir y trabajar juntos. Cada uno de los SIOP tiene su propia definición de instancias de proceso, creando un entorno heterogéneo [11]. Otro problema está relacionado a la interpretación de los datos que cada participante le da a la información intercambiada en la colaboración.

El intercambio de información en redes colaborativas presenta una serie de desafíos, uno de ellos está ligado al problema de interoperabilidad. El problema de reunir sistemas de información heterogéneos y distribuidos se conoce como problema de interoperabilidad [12]. En el presente trabajo se considera la interoperabilidad semántica, teniendo en cuenta los problemas originados por la heterogeneidad de datos. La interoperabilidad semántica y el intercambio de integración de información son uno de los propósitos principales de la aplicación de las ontologías [13]. Por lo tanto, para garantizar la interoperabilidad en el intercambio de información en una colaboración (heterogénea) es necesario el uso de modelos semánticos basados en ontologías. Para abordar esa problemática, el presente trabajo tiene por objetivo proponer una ontología de repositorio de modelos de procesos de negocio colaborativos.

El resto del documento se organiza de la siguiente manera, en la sección 2 se introduce el tema procesos de negocio colaborativos, en la sección 3 se tratan los repositorios de modelos de procesos de negocio y en base a una revisión de la literatura se analizan trabajos relevantes. Posteriormente, en la sección 4 se introducen las ontologías y se realiza una propuesta en la sección 5 sobre el dominio de interés. Finalmente se concluye y se plantean trabajos futuros en las secciones 6 y 7 respectivamente.

## 2. Procesos de negocio colaborativos

Un proceso de negocio colaborativo (CBP) es un proceso abstracto, no ejecutable directamente [14], que permite definir el comportamiento de las interacciones entre las organizaciones, esto es, cómo coordinan sus acciones e intercambian documentos de negocio, con el propósito de tomar decisiones en forma conjunta para alcanzar metas en común [15] [6]. Para implementar y ejecutar un proceso colaborativo en forma descentralizada, se requiere que cada organización defina y gestione sus procesos de negocio internos, denominados procesos de interfaz (públicos) y procesos de integración (privados) [8]. Un proceso de interfaz define el comportamiento público y externamente visible de una organización, el cual es expresado en términos de las actividades que soportan el envío y la recepción de mensajes con otras organizaciones [8]. Un proceso de integración [16], también llamado proceso de orquestación [6] o proceso público [7], define y combina el comportamiento y las actividades públicas

(derivadas de un proceso de interfaz) con las actividades privadas que una organización debe ejecutar para dar soporte al rol que ésta desempeña en un proceso colaborativo. Un proceso de integración incorpora las actividades privadas, las cuales permiten generar y procesar la información intercambiada entre las organizaciones, realizar la transformación de datos e invocar a sistemas de información internos [8].

Según se describe en [2] [3], las colaboraciones pueden definirse según dos perspectivas básicas: (1) considerando una vista global del flujo de control de las interacciones entre las organizaciones (perspectiva global) y (2) teniendo en cuenta una vista local del flujo de control de actividades tanto privadas como públicas de cada organización, con los puntos de interacción para comunicarse entre ellas (perspectiva local). La perspectiva global describe el comportamiento público de una colaboración y las responsabilidades de las organizaciones participantes [17] [3]. Dicho comportamiento se representa por medio de procesos colaborativos, los cuales describen el flujo de control y en qué orden se van realizando los intercambios de mensajes entre los participantes. La perspectiva local describe el comportamiento de la colaboración desde el punto de vista de cada participante. Según esta perspectiva, la colaboración se define como un conjunto de procesos de negocio privados, uno para cada organización participante, y las interacciones que tienen lugar entre ellas.

## 3. Repositorio de modelos de procesos de negocio

Un repositorio es una base de datos compartida que contiene información sobre artefactos de ingeniería producidos o utilizados por una organización [18]. En el caso específico de procesos de negocio, los artefactos representan modelos de procesos de negocios. Este tipo de repositorio proporciona funcionalidades estándar de un sistema de administración de bases de datos que almacena nuevos modelos de procesos, actualiza y recupera o elimina modelos de procesos existentes, además de permitir las transacciones y consultas sobre modelos de procesos de negocio. Un repositorio de modelos de procesos de negocio es un repositorio especializado, específico para almacenar y administrar modelos de procesos de negocio [10]. En este tipo de repositorio surgen problemas típicos, como: ser capaz de encontrar un proceso particular en una colección, administrar diferentes versiones de los procesos y mantener la coherencia cuando varias personas editen el mismo proceso al mismo tiempo [10]. Otro problema que surge es la heterogeneidad, debido a la diversidad de sistemas BPMS existentes, en una red colaborativa, incluso en una misma organización, varios SIOP pueden coexistir y trabajar juntos. Cada de los SIOP tiene su propia definición de instancias de proceso, creando un entorno heterogéneo [11]. Por otro lado, la

disponibilidad de una gran colección de procesos abre nuevas posibilidades, como: extraer el conocimiento sobre las operaciones de la organización de la colección o reutilizar fragmentos de procesos (mejores prácticas) de la colección para diseñar nuevos procesos [10].

Existen propuestas para la gestión de repositorios de procesos de negocio, al respecto, podemos destacar el framework propuesto en [10] para repositorios de modelos de procesos de negocio, que consiste en una lista de funciones que pueden proporcionar (un modelo de datos del proceso, un modelo de funciones de proceso y un modelo de gestión de procesos) y una arquitectura de referencia que es una abstracción de las arquitecturas analizadas al momento de realizado el trabajo. En [19] se propone un framework para diseñar métodos de consulta de procesos, es decir, técnicas para la gestión de repositorios de procesos diseñados y ejecutados, así como modelos que describen relaciones entre procesos. El framework está compuesto por componentes genéricos que se pueden configurar para crear una variedad de métodos de consulta de proceso. Por su parte, en [20] se propone un método para administrar las variaciones de los modelos de procesos de negocio, la propuesta se centra en optimizar el repositorio en términos de cómo se almacenan los procesos de negocio. Sin embargo, estas propuestas no ofrecen soporte para la gestión de CBP. Además, existen propuestas que abordan la interoperabilidad, pero están centradas en la gestión de repositorios de instancias de procesos de negocio independiente del motor de proceso utilizado [21] [11]. En [22] se propone un repositorio de modelo de proceso abierto e independiente del lenguaje que ofrece soporte para la reutilización del modelo de proceso, pero carece de soporte para CBP. En [11] se propone un Modelo de Instancia de Procesos de Negocio (BPIM) que proporciona una visión holística de una instancia de proceso de negocio al considerar rutas de ejecución de procesos, procedencia de datos y metadatos relevantes, la propuesta aborda el problema de heterogeneidad referida a la diversidad de sistemas BPMS, para ello, desacopla la definición de instancia de proceso del BPMS y permite que diferentes sistemas y aplicaciones BPMS compartan el mismo repositorio de instancia de proceso y reutilicen la información de instancia de proceso existente. En [8] y [14] se propone un repositorio distribuido para gestionar CBP, procesos de interfaz e integración. El repositorio distribuido fue definido de acuerdo a los principios del diseño orientado a servicios y está basado en la Arquitectura Orientada a Servicios (SOA) para definir servicios interoperables, reusables, distribuidos y débilmente acoplados. El repositorio distribuido consiste de: un repositorio global público que da soporte a la gestión de modelos de procesos colaborativos y de interfaz; y repositorios locales privados de las organizaciones que dan soporte a la gestión de modelos de procesos de integración. Sin embargo, la propuesta carece de las ventajas que ofrece un modelo semántico basado en ontologías para favorecer la interoperabilidad y extraer

conocimiento de la colaboración. En base a la revisión bibliográfica de los trabajos detallados anteriormente, habiendo analizado el soporte que ofrecen a las dos características de interés para el presente trabajo: a) soporte para colaboración, b) interoperabilidad, se determina la conveniencia de extender el modelo de datos del repositorio distribuido presentado en [14], definiendo una ontología que garantice interoperabilidad.

#### 4. Ontologías

El intercambio de información en redes colaborativas presenta una serie de desafíos, uno de ellos está ligado al problema de garantizar interoperabilidad. El contexto heterogéneo (sistema de información distribuido) de una red colaborativa se conoce como problema de interoperabilidad [12]. Según se define en [23], interoperabilidad es la habilidad de dos o más sistemas o componentes para intercambiar información y utilizar la información intercambiada. La interoperabilidad puede ser considerada en diferentes niveles, [24] propone los siguientes niveles de interoperabilidad:

- Codificación: representación de caracteres.
- Léxico: representación en palabras o símbolos.
- Sintáctico: representación de oraciones estructuradas (o fórmulas o afirmaciones).
- Semántico: se refiere al significado proposicional de la representación.
- Semiótico: se refiere al significado pragmático de la representación.

Los problemas que pueden surgir debido a la heterogeneidad de los datos son: heterogeneidad estructural (heterogeneidad esquemática) y heterogeneidad semántica (heterogeneidad de datos) [12]. La heterogeneidad estructural significa que diferentes sistemas de información almacenan sus datos en diferentes estructuras. La heterogeneidad semántica considera el contenido de un elemento de información y su significado previsto. Para poder lograr la interoperabilidad semántica en una red colaborativa, el significado de la información que se intercambia debe entenderse en todos los sistemas. Los conflictos semánticos ocurren cuando dos contextos no usan la misma interpretación de la información [12]. La interoperabilidad semántica y el intercambio de integración de información son uno de los propósitos principales de la aplicación de las ontologías [13]. Existen diferentes definiciones del término ontología, según [25] una ontología define los términos y relaciones básicos que comprenden el vocabulario de un área temática, así como las reglas para combinar términos y relaciones para definir extensiones del vocabulario, [26] define una ontología como una especificación explícita de una conceptualización, y



rol (entidad Organization Rol). En el acuerdo está formado por objetivos de negocio tanto cualitativos como cuantitativos que se pretenden cumplir en la colaboración (entidades Business Goal, Quantitative Goal y Qualitative Goal). Por medio de procesos de negocio colaborativos (entidad Collaborative Business Process) se define el comportamiento de la colaboración, estos procesos de negocio pueden contener diferentes tipos de documento de negocio (entidad Document Type) que son intercambiados entre las organizaciones. El soporte para versionado de modelos de procesos de negocio permite rastrear los cambios producto de la evolución de los modelos de proceso de negocio durante la colaboración (entidad CPB Model Version). Además, un proceso de negocio colaborativo tiene asociado procesos de interfaz (entidad Interface Business Process), de los que es posible llevar un versionado (entidad Interface Business Process Model Version) de los diferentes modelos (entidad Interface Business Process Model).

Los repositorios locales privados de cada organización ofrecen soporte para la gestión de modelos de procesos de integración (Figura 2). El repositorio local de una organización tiene información replicada del repositorio global sobre las redes colaborativas (entidad Collaborative Network) y las colaboraciones (entidad Cross-organizational Collaboration) en las que interviene la organización (entidad Organization) desempeñando un rol (entidad Organization Rol), y los procesos de negocio colaborativos en los que participa (entidad Collaborative Business Process). Además, el repositorio local mantiene un proceso de negocio de integración (entidad Integration Business Process) por cada proceso de negocio colaborativo. También es posible llevar la evolución de los modelos de procesos de integración gracias al soporte de versionado que ofrece (entidad IBP Model Version). Por cada versión de modelo de proceso colaborativo mantenida en el repositorio global, habrá una versión de plantilla de proceso de integración (entidad IBP Template Model Version) y podrá haber más de una versión de modelo de proceso de integración (entidad IBP Model Version).

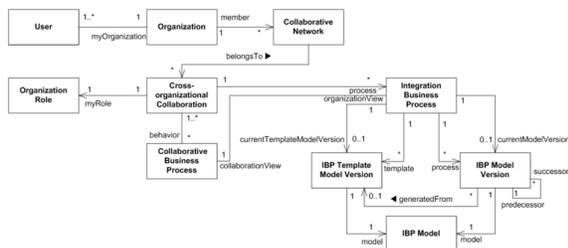


Figura 2: Entidades almacenadas del repositorio local [14]

Luego del análisis de las entidades detalladas anteriormente se toman los términos importantes del dominio y se genera una lista de clases y jerarquía para la ontología propuesta.

## 5.1 Ontología propuesta

La ontología propuesta ha sido desarrollada en el lenguaje OWL por medio del software para modelado de ontología Protégé<sup>1</sup>. Un archivo de ontología comienza con la declaración del espacio de nombres (similar a una definición de esquema XML), y los elementos esenciales de la ontología son clases, individuos y propiedades [28]. Los individuos son cosas del mundo real y miembros de clases (es decir, instancias de clases). La clase raíz es owl:Thing y todas las demás clases están asociadas a esta clase. Cada clase se declara como owl: con un nombre único y puede tener más de una clase como subclase, que se define como rdfs:subClassOf. Hay dos categorías principales de propiedades: de objeto y de datos. Las propiedades de objeto se utilizan para vincular a un individuo con otro y las propiedades de datos se utilizan para describir valores de datos de un individuo específico. Las propiedades de los datos tienen nombres y tipos de datos únicos. Las propiedades pueden tener restricciones, que están definidas por owl:cardinality. La restricción de cardinalidad especifica cuántas relaciones tiene una clase específica con otra clase. Las relaciones se realizan mediante una propiedad de objeto. Las propiedades de los datos presentan valores de datos de clases y su ocurrencia también se puede restringir con owl:cardinality. A través de axiomas, se pueden hacer declaraciones sobre las entidades, por ejemplo, la jerarquía de herencia de una clase o la definición de un concepto del dominio que se está representando.

La ontología fue realizada en forma manual mediante el análisis de las entidades y sus relaciones tanto del repositorio global como del repositorio local, reuniendo las entidades de ambos repositorios en una única ontología, según se muestra en la Figura 3.

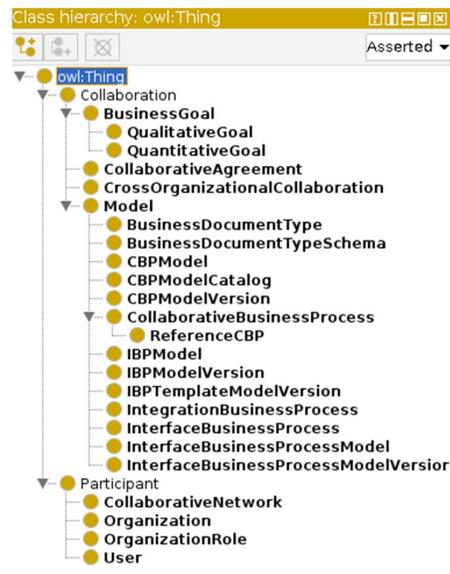


Figura 3: estructura de la ontología propuesta

<sup>1</sup> <https://protege.stanford.edu/>



proyecto se realizó la verificación y validación, esto es, determinar si la ontología está correctamente construida, si se implementaron correctamente los requerimientos de la ontología y si la ontología realmente modela el mundo o dominio para el cual fue creada. Para ello se realizaron dos actividades, por un lado, se definieron un conjunto inicial de preguntas de competencia que la ontología debería responder, por otro lado, en base a la carga de instancias, mediante el uso del razonador (Pellet), se realizó una validación de conceptos. En caso de que un concepto no sea satisfecho la ontología resultará inconsistente. Por ejemplo: al existir relaciones establecidas entre las clases de nuestro modelo, y no estableciendo instancias sobre las mismas, el razonador lo determina inconsistente. Este es un punto importante que garantiza la carga completa de las instancias al modelo. Otra característica a evaluar fue la validación de la consistencia, el razonador puede comprobar si un modelo ontológico contiene hechos contradictorios. En el modelo propuesto, que una colaboración sea considerada satisfactoria si la valoración de los objetivos que definen el acuerdo de colaboración fuera insuficiente, entonces el modelo resultaría contradictorio.

A partir de las preguntas de competencia iniciales se puede determinar que el modelo permite responder a consultas para lograr un entendimiento del dominio. Las preguntas de competencia hacen referencia a aquellos interrogantes que los interesados esperan que el modelo pueda responder, para obtener conocimiento del dominio bajo estudio. Estas son algunas de las preguntas de competencia que se intenta responder mediante la ontología.

¿Qué rol cumple una organización en una colaboración?

¿Cuántas colaboraciones existen en una red colaborativa?

¿Cuáles son los objetivos de negocio que debe cumplir un acuerdo colaborativo?

¿Cuáles son los documentos de negocio que intervienen en una colaboración?

¿Cuál es la versión actual del modelo de proceso de negocio de una colaboración?

¿Qué modelo de referencia una CBP se emplea en una colaboración entre organizaciones?

Para extraer conocimiento de la ontología se utilizó el lenguaje estándar de consultas SPARQL integrado a Protégé siguiendo la siguiente estructura de consulta:

```
SELECT ?subject ?predicate ?object
WHERE { ?subject ?predicate ?object }
```

El siguiente ejemplo muestra cómo se puede obtener conocimiento desde la ontología acerca de cuál es la organización que desempeña un rol en particular en la colaboración.

```
PREFIX                                repo:
<http://www.semanticweb.org/root/ontologies/2021/8/repositorioModelosProcesoNegocioColaborativos#>
```

Pregunta: ¿Qué organizaciones desempeña el rol "supplierOrg"?

```
SELECT ?Org
WHERE { ?Org repo:performs ?OrganizationRole
?OrganizationRole repo:nameRoleOrg ?nameRole
      FILTER regex(?nameRole, "supplierOrg", "i")
}
```

## 6. Conclusión

Luego del trabajo realizado se pudo obtener una primera versión de la ontología para el repositorio distribuido de modelos de procesos de negocio colaborativos que permite garantizar interoperabilidad, el proceso de desarrollo de la ontología es iterativo por lo que entendemos que debe seguir evolucionando para obtener una valoración por parte de los interesados, de modo que la misma permita extraer conocimiento sobre las operaciones llevadas a cabo por las organizaciones en la colaboración, respondiendo a un conjunto mayor de preguntas de competencia.

## 7. Trabajos futuros

Como trabajo futuro se pretende ofrecer una solución que por medio de búsquedas enriquecidas permita el descubrimiento de procesos, en base a las necesidades de la colaboración, encontrar en la colección de procesos, para favorecer la reutilización de procesos de negocio (mejores prácticas).

El modelo propuesto ofrece soporte para la colaboración una vez acordada pero no ofrece soporte para gestionar la negociación, donde una organización pueda encontrar potenciales candidatos para establecer una colaboración (etapa de descubrimiento), y por medio de un protocolo de negociación, permita gestionar acuerdos, ofertas, contra ofertas, rechazos y demás términos necesarios para establecer la colaboración.

## Referencias

- [1] Chituc, C. M., Azevedo, A., & Toscano, C. (2009). "A framework proposal for seamless interoperability in a collaborative networked environment". *Computers in industry*, 60(5), pp. 317-338.
- [2] Cocconi, D., Roa, J., Villarreal, P. (2018, Agosto). "A Platform Based on Cloud Computing for Executing Collaborative Business Processes". *CLEI Electronic*

- Journal, Vol. 21 No. 2, Paper 6, pp 6:1-6:26. ISSN: 0717-5000. DOI: 10.19153/cleiej.21.2 (<https://doi.org/10.19153/cleiej.21.2>).
- [3] Cocconi, D., Perez, M., Ferreyra, J. P., Verino, C., 2020, "Propuesta de un framework para la comparación de diferentes lenguajes de modelado gráficos de procesos de negocio en términos de la representación de procesos inter-organizacionales". 8vo. Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CONAIIS), 2020, San Francisco (Córdoba), Argentina.
- [4] Camarinha-Matos, L. M., Afsarmanesh, H., Galeano, N., & Molina, A. (2009). "Collaborative networked organizations—Concepts and practice in manufacturing enterprises", *Computers & Industrial Engineering*, 57(1), 46-60.
- [5] P. D. Villarreal, E. Salomone y O. Chiotti, "A MDA-based development process for collaborative business processes," *Milestones, Models and Mappings for Model-Driven Architecture*, vol. 17, 2006.
- [6] Weske M., *Business process management: concepts, languages, architectures*, 2da ed., Springer Publishing Company, Incorporated, 2012.
- [7] Object Management Group (OMG), "Business Process Model and Notation (BPMN) version 2.0. Specification "formal/2011-01-03". Technical Report., 2011. [En línea]. Available: <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/PDF>.
- [8] Lazarte, I., Thom, L., Iochpe, C., Chiotti, Villarreal. "A Distributed Repository for Managing Business Process Models in Cross-Organizational Collaborations. *Computers in Industry*", 64 (3), 252-267, Elsevier, 2013.
- [9] Andres, B., Macedo, P., Camarinha-Matos, L. M., & Poler, R. (2014, October). "Achieving coherence between strategies and value systems in collaborative networks". In *Working Conference on Virtual Enterprises* (pp. 261-272). Springer Berlin Heidelberg.
- [10] Yan Z., Dijkman R., Grefen P., "Business process model repositories - Framework and survey", *Information and Software Technology*, Vol. 54, Issue 4, April 2012, Pages 380-395, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2011.11.005>.
- [11] Moghadam N Paik H, "Towards a Common Understanding of Business Process Instance Data", Conference: 4th International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development, IEEE, January 2016, DOI:10.5220/0005678401930200.
- [12] Wache, Holger & Vögele, Thomas & Visser, Ubbo & Stuckenschmidt, Heiner & Schuster, Gerhard & Neumann, H & Hübner, Sebastian, "Ontology-based integration of information - A survey of existing approaches", 2001
- [13] Rico, M.G., "Soporte para enriquecer la representación de entidades en una ontología." Tesis Doctoral. Santa Fe: UTN - FRSF, 2011.
- [14] Lazarte, I.M. "Diseño y Gestión de Modelos de Procesos de Negocio en Colaboraciones Interorganizacionales". Tesis Doctoral. Director: Villarreal. Doctorado en Ingeniería en Sistemas de Información (CONEAU A) UTN-FRSF.
- [15] Villarreal, P, Lazarte, I., Roa, J., Chiotti, O. "A Modeling Approach for Collaborative Business Processes based on the UP-ColBPIP Language". *Lecture Notes in Business Information Processing (LNBIP)*, vol. 43, pp. 318-329, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010.
- [16] Lazarte, I.M., Villarreal, P.D., Chiotti, O., Thom, L.M., and Iochpe, C., "An MDA-based Method for Designing Integration Process Models in B2B Collaborations". *Proceedings of the 13th Int. Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS 2011)*, Beijing, China, pp. 55–65, 2011
- [17] P. D. Villarreal, E. Salomone y O. Chiotti, "Modeling and Specification of Collaborative Business Processes with a MDS Approach and a UML Profile," *Enterprise modeling and computing with UML*, pp. 13-44, 2007
- [18] M. Aouachria, A. R. Ghomari, R. Seghir, "Towards a Repository for the Reuse of Business Process Models from a Requirements Analysis Perspective", Conference: IPAC '15, the International Conference on Intelligent Information Processing, Security and Advanced CommunicationAt: BATNA, Algeria, Nov. 2015. DOI:10.1145/2816839.2816926
- [19] A. Polyvyanyy, C. Ouyang, A. Barros, W.M.P.van der Aalst, "Process Querying: Enabling Business Intelligence through Query-Based Process Analytics", Volume 100, August 2017, Pages 41-56, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dss.2017.04.011>
- [20] Sarno, R., Pamungkas, E. W., Sunaryono, D., & Sarwosri. (2015). "Workflow common fragments extraction based on WSDL similarity and graph dependency". 2015 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA). doi:10.1109/isitia.2015.7219997
- [21] Zaplata, S., Hamann, K., Kottke, K., and Lamersdorf, W. (2010). "Flexible Execution of Distributed Business Processes Based on Process Instance Migration". *Journal of Systems Integration*, 1(3):3–16. DOI:10.1109/S-Cube.2012.6225502
- [22] Mturi, E. "Design of Business Process Model Repositories Requirements, Semantic Annotation Model and Relationship Meta-model", Department of Computer and Systems Sciences, Stockholm University, 2015.
- [23] Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE Standard Computer Dictionary: A Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries. New York: 1990.
- [24] Euzenat, J., "Towards a Principled Approach to Semantic Interoperability", May 2001.
- [25] Neches R, Fikes RE, Finin T, Gruber TR, Senator T, Swartout WR (1991), "Enabling technology for knowledge sharing". *AI Magazine* 12, 3, pp. 36–56
- [26] Gruber, T.R., "A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. *Knowledge Acquisition*", 5(2), pp. 199-200, 1993, <https://doi.org/10.1006/knac.1993.1008>
- [27] Studer R, Benjamins VR, Fensel D., "Knowledge Engineering:Principles and Methods"., *IEEE Transactions on Data and Knowledge Engineering*, 1998, 25(1-2): pp. 161–197.
- [28] Singer, R., "Agent-Based Business Process Modeling and Execution: Steps Towards a Compiler-Virtual Machine Architecture", Conference: S-BPM ONE 2016At:

Erlangen, Germany, 2016, DOI:  
10.1145/2882879.2882880.

- [29] Breitman, K.K., Casanova, M.A., Truszkowski, W., “Methods for Ontology Development. In: Semantic Web: Concepts, Technologies and Applications”. NASA Monographs in Systems and Software Engineering. Springer, London, 2007, Chapter 8, pp. 155-173, ISBN: 978-1-84628-581-3. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-84628-710-7\\_8](https://doi.org/10.1007/978-1-84628-710-7_8).
- [30] Noy, N., McGuinness, D., “Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology”. Knowledge Systems Laboratory. 32, 2001.