

# Herramienta Web para Interoperabilidad Conceptual entre UML, EER y ORM 2

Emiliano Rios Gavagnin<sup>1</sup>   Germán Braun<sup>1,2,3</sup>   Laura Cecchi<sup>1</sup>  
Pablo Fillottrani<sup>2,4</sup>

email: emiliano.rios@est.fi.uncoma.edu.ar,  
{german.braun,lcecchi}@fi.uncoma.edu.ar, prf@cs.uns.edu.ar

<sup>1</sup>*Grupo de Investigación en Lenguajes e Inteligencia Artificial*  
Departamento de Teoría de la Computación - Facultad de Informática  
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE

<sup>2</sup>*Laboratorio de I&D en Ingeniería de Software y Sistemas de Información*  
Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación  
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

<sup>3</sup>*Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)*

<sup>4</sup>*Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires (CIC)*

## Resumen

La presente investigación se desarrolla mediante el trabajo colaborativo de docentes investigadores de la Universidad Nacional del Comahue (UNCo) y de la Universidad Nacional del Sur (UNS), en el contexto de proyectos de investigación financiados por las universidades indicadas.

El objetivo general de esta línea de investigación y desarrollo es el diseño e implementación de una herramienta Web que permita facilitar la interoperabilidad entre los lenguajes de modelado UML, EER y ORM 2. Para esto, se considera un metamodelo integrador, llamado KF, el cual formaliza las bases de los distintos lenguajes, permitiendo así, identificar las similitudes entre los lenguajes previamente mencionados. El resultado de esta implementación será integrado a *crowd*, la cual es una herramienta para modelado visual ontológico utilizando lenguajes de modelado conceptual, desarrollada por nuestros grupos de investigación.

**Palabras Clave:** Ingeniería de Software basada en Conocimiento, Lógicas Descriptivas, Ontologías, Interoperabilidad de Lenguajes de Modelado Conceptual.

## Contexto

Este trabajo está parcialmente financiado por la Universidad Nacional del Comahue, en el marco del proyecto de investigación *Agentes Inteligentes y Web Semántica (04/F014)*, por la Universidad Nacional del Sur a través del proyecto de investigación *Integración de Información y Servicios en la Web (24/N027)*, por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), en el contexto de una beca posdoctoral y por el Consejo Interuniversitario Nacional (CIN) con una Beca de Estímulo a las Vocaciones Científicas para Estudiantes 2019. Los proyectos de investigación tienen una duración de cuatro años, la beca posdoctoral una duración de 2 años, finalizando en mayo de 2021, y la beca CIN una duración de 1 año, finalizando esta última en mayo de 2020.

# 1. Introducción

En la actualidad, la información es un elemento esencial en instituciones y compañías. Esto requiere de software cada vez más complejo y, por consiguiente, de procesos de diseño y desarrollo que escalen hacia soluciones interoperables y considerando fuentes de datos altamente heterogéneas [2, 8, 13, 17]. Analistas, ingenieros y administradores de bases de datos necesitan crear modelos conceptuales que les permitan representar los datos con los que trabajan, y así, poder hacer una evaluación más acertada del dominio. Existen múltiples lenguajes de modelado de datos que permiten a los diseñadores crear modelos, como por ejemplo UML [4], EER [12] y ORM 2 [15]. Si bien esta diversidad de lenguajes permite un mayor nivel de flexibilidad a la hora de diseñar soluciones de software para un sinnúmero de dominios, y en términos generales tratan de cumplir el mismo objetivo, estos lenguajes tienen diferentes formas de representar la información. Asimismo, pueden ser utilizados en diversas etapas del diseño, por ejemplo, los diagramas ORM 2 para representar información conceptual del sistema, los Diagramas de Clases UML para esquemas lógicos para diseño de objetos y, por último, diagramas EER para esquemas de bases de datos [9, 14, 24].

Teniendo en cuenta el contexto mencionado previamente, en [11, 19] se introduce el diseño de un modelo que abstrae y formaliza los conceptos representados por los lenguajes UML, EER y ORM. Este modelo, conocido como el *Metamodelo KF de unificación de modelado conceptual*, tiene como objetivo reducir la heterogeneidad que existe entre estos lenguajes de modelado, para poder mejorar la interoperabilidad de los mismos. En esencia, es un modelo que integra las entidades, relaciones y restricciones de los tres lenguajes.

El Metamodelo KF permite crear un modelo conceptual sobre cualquiera de los lenguajes de modelado, y luego generar el equivalente en otro lenguaje, teniendo en cuenta las limitaciones semánticas que existen entre los mismos. Sin embargo, en la actualidad, no existe una implementación del Metamodelo KF, y el

mismo es un gran candidato para reducir la heterogeneidad entre modelos debido a dos factores: abarca tres de los lenguajes de modelado de datos más populares y relevantes, y además existe una formalización del Metamodelo que nos permite demostrar la correctitud del mismo.

Bajo esta línea de investigación se propone desarrollar una herramienta Web que implemente las bases del Metamodelo KF. La herramienta recibirá como entrada un modelo representado en alguno de los lenguajes de modelado soportados (UML, EER y ORM), o incluso una instancia del Metamodelo, y permitirá convertir dicho modelo a una representación equivalente en otro lenguaje, acorde a la formalización del Metamodelo.

Este trabajo está estructurado como sigue. En la siguiente sección, se describe la línea de investigación actual. En la sección 3, se indican algunos resultados obtenidos y trabajos futuros. Finalmente, en la última sección se comentan aspectos referentes a la formación de recursos humanos en esta temática.

## 2. Línea de Investigación y Desarrollo

En el proyecto de investigación Agentes Inteligentes y Web Semántica, UNCo, se investigan técnicas de representación de conocimiento y razonamiento, metodologías de modelado conceptual y mecanismos para la interoperabilidad tanto a nivel de proceso como de datos. El empleo efectivo de los conceptos y conocimientos adquiridos da soporte a comunidades de desarrollo de ontologías.

Por otro lado, en el proyecto de investigación Integración de Información y Servicios en la Web, UNS, se desarrollan metodologías y herramientas que asisten la interoperabilidad semántica de información y de servicios en la Web, privilegiando los últimos avances en el área de lenguajes de representación del conocimiento, ontologías y modelado conceptual.

Ambos proyectos comparten el perfil de investigación de este trabajo, en el que se estudian entre otros, sobre temas afines a la representa-

ción del conocimiento, las Lógicas Descriptivas [7], las Ontologías, la Ingeniería de Software basada en Conocimiento y estándares para definir nuevos lenguajes visuales para representar conocimiento.

La OMG (Object Management Group) [22] define varios lenguajes de modelado, dentro de los cuales UML [4] es muy utilizado en la actualidad. Existen otros de amplio uso, como EER [12] para bases de datos y ORM 2 [15, 16] para aquellos expertos en dominios e interacción entre el análisis de requerimientos y datos. Por esta razón, la interoperabilidad de los lenguajes de modelado conceptual se ha vuelto una necesidad, dado que los modeladores podrían requerir vincular entidades entre modelos, representados en diferentes lenguajes de modelado conceptual y comunicarse con otros *stakeholders* mediante lenguajes comunes.

En este sentido, se han obtenido resultados unidireccionales para la transformación de lenguajes como ORM a UML [3], unificación de modelos mediante grafos [5], lógicas descriptivas [20] y transformaciones a través de diccionarios de términos comunes. Incluso, se han desarrollado investigaciones que involucran unificaciones parciales de los distintos modelos mediante metamodelos [25] y procesos automatizados de traducción de lenguajes, que hacen uso de diccionarios de “metaconstrucciones” [1]. Sin embargo, estos trabajos han demostrado tener ciertas limitaciones, como por ejemplo, la omisión de elementos importantes de los lenguajes de modelado, como lo son los roles, restricciones de relaciones y agregaciones.

Así, se optó por el *Metamodelo KF de unificación de modelado conceptual*, dado que considera la integración de la mayoría de los elementos, su desarrollo está basado en un enfoque ontológico [18] y presenta una formalización en Lógica de Primer Orden (FOL).

Una herramienta Web que implemente el metamodelo KF y que permita a los modeladores utilizar diferentes lenguajes de modelado conceptual, particularmente UML, EER y ORM 2, en forma conjunta y simultánea, es el fin de esta línea de investigación, desarrollo y transferencia.

Nuestra propuesta permitirá unificar el uso de los lenguajes de modelado UML, EER y ORM 2. Se espera mejorar la interoperabilidad de estos lenguajes, facilitando la conversión de modelos conceptuales a distintos lenguajes de modelado, manteniendo la semántica de los mismos.

Existen herramientas que permiten el modelado conceptual para cada uno de los lenguajes de modelado mencionados anteriormente. Sin embargo, no hay herramientas que implementen al metamodelo y hagan uso de las ventajas que brinda, tal como se propone en este trabajo.

A su vez, el resultado de la implementación del metamodelo será integrado a una nueva versión de *crowd* [6], plataforma desarrollada también por nuestros grupos de investigación. *crowd* es una plataforma Web para el modelado conceptual visual, en los lenguajes gráficos UML, EER y ORM 2, integrada a sistemas de razonamiento automáticos que permiten validarlos.

### 3. Resultados Obtenidos y Trabajo Futuro

Inicialmente, se analizó el diseño ontológico del Metamodelo KF [10, 18] para luego profundizar en la formalización FOL descrita en [10].

Con una mejor comprensión del Metamodelo KF y su semántica, se diseñó la implementación del mismo. Para esto, se realizó un relevamiento de patrones de diseño a tener en cuenta, que podían ayudar a representar el Metamodelo KF a un nivel programático. Analizando los trabajos que describen el Metamodelo, fue evidente que la implementación se daría bajo el paradigma orientado a objetos, ya que se ven involucradas una gran cantidad de clases, representadas bajo una jerarquía de las mismas, con un gran número de relaciones entre sí.

Una vez diseñada la herramienta, se decidió desarrollar la implementación del Metamodelo KF como una *API REST*. Esta decisión fue tomada teniendo en cuenta que, la funcionalidad de la misma no debería depender de una aplicación o software preexistente. De esta forma, el

Metamodelo queda como un elemento externo a herramientas de modelado de datos, facilitando la integración de la misma a sistemas enfocados en el diseño de modelos de datos.

Para su implementación se trabajó con el framework *Java* denominado *Spring Boot* [23, 26]. Adicionalmente, se configuró la API dentro de un *Docker* [21] el cual contiene el aplicativo, permitiendo así, una mayor portabilidad y facilitando las futuras integraciones a sistemas de modelado de datos. En este sentido, actualmente se está trabajando en su integración a *crowd*.

Dentro de la formalización del Metamodelo KF, existen tres enfoques para asociar elementos de un lenguaje de modelado con otro. El primer enfoque es el denominado *1:1 Mappings*. Estos son elementos iguales en todos los lenguajes de modelado, y por lo tanto se pueden convertir de manera directa. Las *Transformations* son aquellos elementos que en esencia representan el mismo concepto, pero difieren en aspectos sintácticos y por lo tanto requieren de ciertos pasos de conversión. Las *Approximations* consisten de elementos que para convertirlos a otro lenguaje, requieren de una entrada de parte del usuario que defina ciertos aspectos de la conversión. En esta primer parte del desarrollo de la herramienta, se restringe la implementación del Metamodelo KF a los *1:1 Mappings*, ya que son las conversiones más directas, y son los elementos principales de los lenguajes de modelado de datos.

Como se puede observar, muchas formalizaciones y conceptos del Metamodelo KF quedan aún pendientes a implementar. Trabajos futuros incluyen la implementación de las *Transformations* y *Approximations*. Estos avances implicarían abarcar un mayor número de entidades dentro del Metamodelo KF.

## 4. Formación de Recursos Humanos

En la Universidad Nacional del Comahue, Facultad de Informática, se otorgaron Becas CIN para estimular la vocación científica. Una de esas becas fue otorgada a uno de los autores

de este trabajo, que está desarrollando su tesis de grado de la Licenciatura en Ciencias de la Computación en esta temática.

Por otra parte, otro de los autores de este trabajo es becario posdoctoral CONICET.

## Referencias

- [1] Paolo Atzeni, Paolo Cappellari, Riccardo Torlonc, Philip Bernstein, and Giorgio Gianforme. Model-independent schema translation. *VLDB J.*, 17:1347–1370, 11 2008.
- [2] Albert Banal-Estañol. Information-sharing implications of horizontal mergers. *International Journal of Industrial Organization*, 25(1):31 – 49, 2007.
- [3] Peter Bollen. A formal orm-to -uml mapping algorithm. *Maastricht : METEOR, Maastricht Research School of Economics of Technology and Organization, Research Memoranda*, 01 2002.
- [4] G. Booch, J. Rumbaugh, and I. Jacobson. *Unified Modeling Language User Guide*. Addison-Wesley Professional, 2005.
- [5] Michael Boyd and Peter Mcbrien. Comparing and transforming between data models via an intermediate hypergraph data model. *Journal on Data Semantics - JODS*, pages 69–109, 01 2005.
- [6] Germán Braun, Elsa Estevez, and Pablo Fillotrani. A Reference Architecture for Ontology Engineering Web Environments. *Journal of Computer Science & Technology*, 2018.
- [7] Diego Calvanese, Maurizio Lenzerini, and Daniele Nardi. Description logics for conceptual data modeling. In *Logics for Databases and Information Systems*, pages 229–263. Kluwer, 1998.
- [8] Leonardo Candela, Donatella Castelli, and Pasquale Pagano. Data interoperability. *Data Science Journal*, 12, 07 2013.

- [9] Brian Dobing and Jeffrey Parsons. How uml is used. *Commun. ACM*, 49:109–113, 05 2006.
- [10] Pablo R. Fillottrani and C. Maria Keet. KF metamodel formalization. *CoRR*, abs/1412.6545, 2014.
- [11] Pablo Rubén Fillottrani and C. Maria Keet. Conceptual model interoperability: A metamodel-driven approach. In *Rules on the Web. From Theory to Applications - 8th International Symposium, RuleML 2014, Co-located with the 21st European Conference on Artificial Intelligence, ECAI 2014, Prague, Czech Republic, August 18-20, 2014. Proceedings*, pages 52–66, 2014.
- [12] M. Gogolla. *Extended Entity-Relationship Model: Fundamentals and Pragmatics*. Springer-Verlag, 1994.
- [13] Alon Halevy, Naveen Ashish, Dina Bitton, Michael Carey, Denise Draper, Jeff Pollock, Arnon Rosenthal, and Vishal Sikka. Enterprise information integration: successes, challenges and controversies. In *Proceedings of the 2005 ACM SIGMOD international conference on Management of data*, pages 778–787, 01 2005.
- [14] Terry Halpin. Object-role modeling: Principles and benefits. *IJISMD*, 1:33–57, 01 2010.
- [15] Terry Halpin and Tony Morgan. *Information Modeling and Relational Databases*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA, 2 edition, 2008.
- [16] Terry A. Halpin. ORM 2. In *On the Move to Meaningful Internet Systems: OTM Workshops, OTM Confederated International Workshops and Posters*, 2005.
- [17] Eduard Hovy. Data and Knowledge Integration for e-Government. In *Digital Government*, pages 219–231. Springer, 01 2008.
- [18] C. Maria Keet and Pablo Fillottrani. An ontology-driven unifying metamodel of UML Class Diagrams, EER, and ORM2. *Data Knowledge Engineering Journal*, 2015.
- [19] C. Maria Keet and Pablo Rubén Fillottrani. An ontology-driven unifying metamodel of UML Class Diagrams, EER, and ORM2. *Data Knowl. Eng.*, 98:30–53, 2015.
- [20] Catharina Maria Keet. *Ontology-Driven Formal Conceptual Data Modeling for Biological Data Analysis*, chapter 6, pages 129–154. John Wiley & Sons, Ltd, 2013.
- [21] Karl Matthias and Sean P. Kane. *Docker: Up & Running*. O’Reilly Media, Inc., 1st edition, 2015.
- [22] Object Management Group Homepage. <https://www.omg.org/index.htm> Accedido última vez marzo 2020.
- [23] K. Reddy. *Introduction to Spring Boot*, pages 1–20. 09 2017.
- [24] Il-Yeol Song and K. Froehlich. Entity-relationship modeling. *Potentials, IEEE*, 13:29 – 34, 02 1995.
- [25] John R. Venable and John C. Grundy. Integrating and supporting entity relationship and object role models. In Michael P. Papazoglou, editor, *OOER ’95: Object-Oriented and Entity-Relationship Modeling*, pages 318–328. Berlin, Heidelberg, 1995. Springer Berlin Heidelberg.
- [26] Craig Walls. *Spring Boot in Action*. Manning Publications Co., USA, 1st edition, 2016.