

METAMODELIZANDO PARA EVOLUCIONAR: DOS DÉCADAS DE GRUPO NÓESIS

ELADIO DOMÍNGUEZ, JORGE LLORET, BEATRIZ PÉREZ, ÁUREA RODRÍGUEZ,
ÁNGEL LUIS RUBIO Y MARÍA ANTONIA ZAPATA

*A Mirian, compañera también en el despacho,
que me soportó en el metamodelizar (Ángel Luis)*

RESUMEN. En este artículo presentamos el bagaje científico desarrollado por el Grupo Nóesis en la línea de investigación ‘Dinámica y Evolución de Sistemas de Información’. Desde finales de los años 80 en que el grupo abordó esta línea por vez primera hasta la actualidad, revisamos las contribuciones realizadas en áreas tales como metamodelización, evolución de sistemas de información y automatización de protocolos médicos.

ABSTRACT. In this paper we present the scientific background of the research line ‘Behavior and Evolution of Information Systems’, developed by the Noesis Group. Since the early years of the line in late 80s, we show the different contributions of the group in the fields of metamodeling, information systems evolution, and automation of medical protocols.

1. INTRODUCCIÓN

Es bien sabido por todos los que compartimos la comunidad científica que investigar, que progresar en la investigación, no es fácil. Son múltiples las dificultades de todo tipo a las que nos enfrentamos en nuestro quehacer diario. La causa, y en cierto modo también la consecuencia, de esta situación es la falta crónica de tiempo. Siempre nos falta tiempo para desempeñar alguna tarea. En particular, son contadas las ocasiones en las que podemos detenernos, echar la vista atrás, y comprobar con perspectiva cuál es el camino que hemos andado para llegar hasta donde estamos. Con este artículo, que no se corresponde con el arquetipo de artículo de investigación, pretendemos solventar (al menos parcialmente) esta carencia, mediante la presentación del historial científico de una de las líneas llevadas a cabo por nuestro grupo de investigación, el Grupo Nóesis.

El *Grupo Nóesis*, coordinado por el profesor Eladio Domínguez Murillo, Catedrático de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial de la Universidad

Key words and phrases. Noesis Group research lines, metamodeling, information systems evolution, automation of medical protocols.

Los demás miembros del Grupo Nóesis, José Carlos Ciria, Inés Escario, Ángel Francés y María Jesús Lapeña, se suman también mediante este artículo al homenaje a Mirian Andrés Gómez.

de Zaragoza, está formado en la actualidad por ocho investigadores de la Universidad de Zaragoza y dos investigadores de la Universidad de La Rioja. Prácticamente desde su creación, mantiene diversas y amplias líneas de investigación, si bien los nombres y orientaciones de estas líneas han ido cambiando ligeramente a lo largo del tiempo. En este artículo nos dedicaremos a revisar la línea denominada *Dinámica y Evolución de los Sistemas de Información*, puesto que es la línea en la que participan los miembros de la Universidad de La Rioja y es por tanto la más cercana al ámbito de este volumen.

El artículo se estructura presentando en primer lugar, y de manera muy resumida, los orígenes de la línea de investigación. Una de las primeras (y una de las más relevantes) aportaciones de la línea, consistente en el desarrollo de una nueva técnica de metamodelización, se presenta en la tercera sección. A continuación se presentan los resultados obtenidos con respecto a la evolución de sistemas de información, destacando entre ellos la propuesta de una arquitectura para la evolución de bases de datos. La penúltima sección está dedicada a tratar las investigaciones más recientes de la línea, relacionadas con sistemas de información en entornos médicos, y en particular con la automatización de protocolos. El artículo termina con unas breves conclusiones.

2. LOS PRIMEROS PASOS

La génesis de la línea de investigación sobre *Dinámica y Evolución de los Sistemas de Información* tiene lugar hacia el año 1989. En esa época, el profesor Eladio Domínguez comienza a interesarse en los problemas que en ese momento existían respecto al análisis, diseño e implementación de bases de datos. Este interés deriva rápidamente en al menos tres líneas investigadoras distintas pero profundamente relacionadas.

En primer lugar, en este arranque de la investigación se hace patente el vacío existente en aquella época (y muy probablemente hasta nuestros días) en los fundamentos de algunas ramas de la Informática, en particular en las bases de datos y en general en los sistemas de información. Las primeras aproximaciones hacia la elaboración de una nueva teoría que llenara ese vacío dan lugar a la tesis doctoral de María Jesús Lapeña [25]. Esta tesis es codirigida precisamente por Julio Rubio, coeditor del presente volumen y miembro del Grupo Nóesis durante su pertenencia a la Universidad de Zaragoza. La nueva teoría, conocida algo más tarde como Fenomática, tiene su presentación más extensa en el discurso de ingreso del profesor Eladio Domínguez en la Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales de Zaragoza [3].

Por otro lado, y en relación con una serie de proyectos que se realizan en colaboración con (entre otros) la Organización Nacional de Ciegos de España (ONCE), y que hoy en día serían denominados *de innovación*, se investigan los problemas ligados al diseño de la interfaz con el usuario. En esta línea, María Antonia Zapata estudia en su tesis doctoral [34] el caso particular de determinar un método para el diseño del control y la navegación de la interfaz con el usuario. La investigación continúa con la obtención en la tesis de Inés Escario de diversos modelos conceptuales para la interfaz con el usuario [23].

Por último pero en paralelo, el grupo trabaja también en la definición de un nuevo modelo para el diseño conceptual de bases de datos. Este modelo es presentado en la tesis doctoral de Jorge Lloret [26]. A raíz de este trabajo se continúan estudiando problemas de especificación de restricciones de integridad en bases de datos y las posibilidades que ofrecen los disparadores para implementar dichas restricciones [12].

A partir del estudio simultáneo de todas estas líneas, dentro del grupo se deduce un hilo común a todas ellas: en todas aparecen modelos que se han de manipular. Por esta razón se concluye que sería conveniente disponer de un lenguaje, de un método, que permitiera tratar modelos, con independencia del *tipo* de modelos objeto de estudio. Es el inicio del interés por la *metamodelización* dentro del grupo.

3. LA METAMODELIZACIÓN

El término *modelización* (o *modelado* según otros autores) es utilizado con mucha frecuencia en multitud de ramas científicas. Muy básicamente, modelizar es crear un modelo sobre un cierto objeto de estudio, objeto que puede ser denominado dominio, universo de discurso, sistema, etc. Un caso particular de esta situación se produce cuando elevamos el nivel de abstracción y consideramos como objeto de estudio, como dominio, los propios modelos creados. Los modelos que se crean para hablar sobre otros modelos se denominan habitualmente *metamodelos*, y la tarea de elaborarlos, *metamodelización*.

Los inicios de la investigación en torno a la metamodelización en el grupo suceden en la misma época en la que el tema empieza a despertar interés en la comunidad mundial de la ingeniería del software y los sistemas de información. Por ejemplo, en 1997 se publica por el Object Management Group (OMG) la primera versión oficial del Unified Modeling Language (UML) [28], desencadenante de una intensa corriente mundial de investigación y desarrollo sobre la modelización y la metamodelización. De alguna manera, y simplificando quizá en exceso, el objetivo de la creación de UML fue el de disponer de un lenguaje único de modelización que pudiera ser utilizado en cualquier proyecto en el ámbito de la ingeniería del software (e incluso más allá del software). En contraposición, y de manera más o menos simultánea, se desarrolla otra corriente, la *ingeniería del método* [1], en la que se asume que no hay un método que sea universalmente aplicable a todos los problemas, y en la que se propone como solución crear métodos elaborados a la medida de cada problema concreto.

El resultado fundamental dentro del grupo en este ámbito es la elaboración de una técnica de metamodelización propia, denominada como no podía ser de otro modo *Técnica Nóesis*, que se enmarca en el contexto de la ingeniería del método. Varios son los aspectos distintivos de esta nueva técnica. En primer lugar, y a diferencia de otros autores, la técnica usa la noción de *concepto* como primitiva epistemológica. Puesto que la noción de *concepto* es una noción perteneciente al conocimiento humano básico, esta elección mejora la usabilidad y la comprensibilidad de los metamodelos desarrollados con la técnica. En segundo lugar, y con objeto de que la técnica proporcione mecanismos para la adaptación de métodos, se incluye una familia mínima y completa de transformaciones de metamodelos.

Esta familia de transformaciones sienta las bases de los elementos mínimos que debería contener una herramienta CAME (Computer Aided Method Engineering) que dé soporte informático al diseño, almacenamiento, recuperación e integración de métodos y fragmentos de métodos. Estos aspectos de la técnica, entre otros, se presentan en congresos internacionales (incluyendo el congreso CAiSE, uno de los de mayor relevancia en el ámbito) [20, 22], y su publicación fundamental se produce en fechas relativamente recientes en un artículo de más de cuarenta páginas en la prestigiosa revista *Information Systems* [21].

La técnica se aplica con éxito para la metamodelización de modelos *estáticos*, como el modelo de bases de datos RM/T [2], así como de modelos *dinámicos*, como el formalismo Statecharts [24], resultados que son presentados en la tesis de Angel Luis Rubio [33]. La modelización de aspectos dinámicos conlleva unos requisitos específicos que hacen necesario el desarrollo de una arquitectura (denominada, cómo no, *Arquitectura Nóesis*) que completa y complementa la técnica de metamodelización. Esta arquitectura es otra de las aportaciones más novedosas en esta línea, ya que otras propuestas de metamodelización en la literatura raramente tienen en cuenta los aspectos dinámicos, o bien no los tratan de manera diferenciada y especializada. La arquitectura es presentada en primer lugar en diversos congresos internacionales [16, 17, 32] y posteriormente de manera completa en la tesis citada. Una aplicación más de esta arquitectura, para el caso de las Máquinas de Estado de UML, fue publicada en la revista *Journal of Database Management* [18], y seleccionada posteriormente entre los artículos de dicha revista para una versión ampliada y mejorada en el tercer volumen de la serie de libros *Advanced Topics in Database Research* [19].

Es precisamente el interés por los aspectos dinámicos de los sistemas lo que hace que la línea general de investigación cambie ligeramente su enfoque, centrándose poco a poco en la *evolución* de los sistemas de información.

4. LA EVOLUCIÓN

En cierto modo, la ligeramente diferente dirección que toma la investigación a partir de 2002 supone una unificación de esfuerzos. Y es que el nuevo objeto es la evolución de los sistemas de información, y en particular de las bases de datos, pero manteniendo en todo momento un enfoque de metamodelización.

El problema básico que se aborda es la constatación de que los sistemas informáticos en general y los sistemas de información como caso particular no son inmutables, sino que cambian (deben cambiar) a lo largo del tiempo. Más aún, podríamos afirmar sin riesgo a equivocarnos que esta cualidad, este hecho relativo al cambio garantizado en los sistemas de información, es casi una característica descriptiva de este tipo de sistemas. Son múltiples las causas que provocan la necesidad del cambio en el sistema, pero podríamos agruparlas *grosso modo* en tres categorías: nuevos (o modificaciones en los antiguos) requisitos de los usuarios; necesidades derivadas de la adaptación a nuevas tecnologías (el paso de sistemas legados a infraestructuras basadas en web es el ejemplo paradigmático en este bloque); y por último tareas derivadas del mantenimiento de los sistemas, bien por actualizaciones necesarias (por ejemplo por cambio de versiones en sistemas

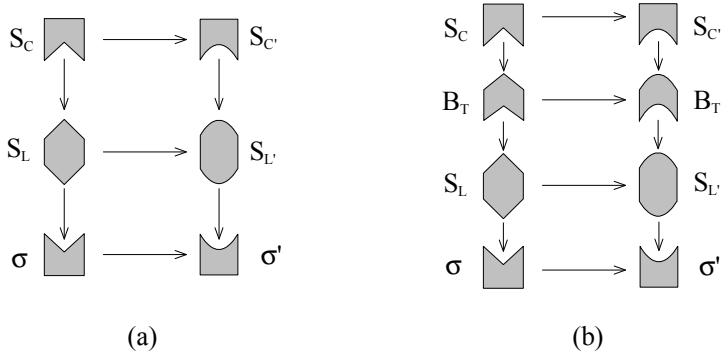


FIGURA 1. Evolución de bases de datos.

subyacentes o relacionados), bien por corrección de errores o imprecisiones en los sistemas existentes (un ejemplo claro en este sentido sería el denominado *problema del año 2000*).

Dentro del Grupo Nóesis, el problema se circunscribe en un primer momento a la evolución de las bases de datos, como pieza clave de cualquier sistema de información. El resultado principal de la investigación es la propuesta de una nueva arquitectura, denominada *MeDEA*, acrónimo de *Metamodel-based Database Evolution Architecture*. Esta propuesta de arquitectura está caracterizada por tres aspectos principales. En primer lugar, el problema de la evolución de bases de datos es resuelto desde una perspectiva de modelo conceptual (véase Figura 1.a), de tal forma que los cambios se introducen en este nivel (paso de S_C a $S_{C'}$) y son propagados hacia los niveles lógico (S_L a $S_{L'}$) y físico (σ a σ') de base de datos. Si bien este enfoque es compartido por otros autores, nuestra propuesta incluye una segunda característica relevante que supone una novedad respecto a otras aproximaciones en la literatura. En concreto en nuestra arquitectura se introducen niveles intermedios B_T de traducción (Figura 1.b) que almacenan la traza de las transformaciones realizadas. Esto permite realizar los cambios derivados de la evolución de la manera más fluida posible y dota a la arquitectura de propiedades de trazabilidad y consistencia incremental. Por último, y con el objeto de obtener una solución que sea independiente de los modelos concretos de bases de datos elegidos, la propuesta se enfoca desde una perspectiva de metamodelización. Todas estas visiones para abordar el problema comparten la filosofía de otras corrientes contemporáneas que promueven la *ingeniería dirigida por modelos*, tales como MDA [27].

De nuevo nuestra propuesta pasa en primer lugar el filtro de diferentes congresos internacionales [6, 8, 10, 13], y es publicada después en la revista *Data & Knowledge Engineering* [11]. Todos estos estudios permiten demostrar además que la arquitectura, con algunas modificaciones, es susceptible de ser utilizada en contextos distintos al de las bases de datos. En concreto, se investiga su uso para transformaciones entre UML y XML, obteniéndose resultados que una vez más son presentados en diferentes congresos de prestigio, destacando el congreso

WISE [4] entre otras publicaciones [5, 7, 9]. Es importante resaltar el título de la primera de las publicaciones referidas en este último grupo: ‘Model-Driven Development Based Transformation of Stereotyped Class Diagrams to XML Schemas in a Healthcare Context’. Es decir, que en el artículo se trata de la transformación, con un enfoque de desarrollo dirigido por modelos, de diagramas de clases UML estereotipados a XML Esquema, y lo más importante, en un contexto de *cuidado de la salud*. Es uno de los primeros artículos que abre paso a la más reciente investigación del grupo: la relacionada con los entornos médico-sanitarios.

5. LOS PROTOCOLOS

Hasta este momento, la mayor parte de la investigación se podría considerar como investigación básica en el contexto de los sistemas de información. A partir de 2005 la madurez del grupo permite que se empiecen a alcanzar resultados con un mayor grado de aplicación. Diversos proyectos en colaboración con instituciones médicas abren una nueva sublínea dentro del grupo, relacionada con la automatización de protocolos médicos. El amplio bagaje cosechado en las épocas anteriores permiten que todo el conocimiento adquirido respecto a bases de datos, formalismos de representación del comportamiento, modelización y metamodelización, y evolución de sistemas, se pueda aplicar plenamente en el nuevo contexto.

Un protocolo de actuación es un plan detallado que determina los pasos a seguir, ante situaciones determinadas, para lograr un fin concreto. En el contexto sanitario, los protocolos médicos facilitan la toma de decisiones apropiadas en la atención clínica de los pacientes, mejorando de este modo la calidad asistencial. Conforme se va aplicando un protocolo, el *sistema* (entendido en el sentido amplio que incluye personal sanitario, pacientes, tratamientos, instrumental, etc.) va pasando por distintas situaciones, por distintos estados. Y resulta altamente conveniente almacenar la información relativa a estos estados por diversas razones, tales como por ejemplo, conocer la traza de ejecución del protocolo, hacer estudios sobre su efectividad o utilizarla como evidencia en caso de actuaciones supuestamente erróneas sometidas a un proceso judicial. No existe ninguna duda respecto a la conveniencia de disponer de un soporte informático que facilite el acceso al protocolo y que determine, de forma clara y precisa, posibles actuaciones a realizar ante una determinada situación.

La propuesta del grupo en este ámbito supone una aplicación novedosa de la ingeniería dirigida por modelos. De manera muy resumida (véase Figura 2.a), la idea consiste en que dado un protocolo P , se diseña una máquina de estados ME_P que modeliza dicho protocolo. Entre otras cosas, el modelo ME_P indica los posibles estados en los que puede estar un sistema, las actuaciones del protocolo que pueden producir un cambio de estado y el nuevo estado que se alcanzaría en cada caso. El modelo ME_P se implementa en un programa ejecutable (por ejemplo utilizando Java) J_{ME} , que permite aplicar el protocolo de actuación. A partir de la máquina de estados ME_P , se elabora además un diagrama de clases DC_{ME} que permite conceptualizar el almacenamiento de la traza de ejecución de dicha máquina. Este diagrama de clases obtenido se transforma, a lo largo de un proceso dirigido por modelos, para conseguir un nuevo esquema conceptual E_{PSM} que representa el

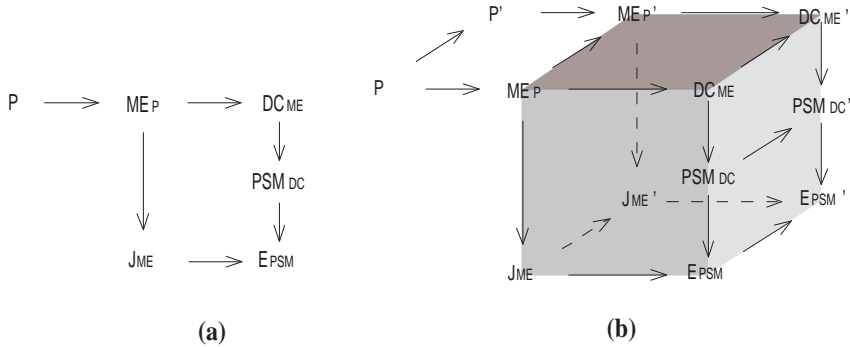


FIGURA 2. Automatización de protocolos.

almacenamiento de la traza de ejecución del programa J_{ME} que implementa el protocolo. Como último paso del proceso, el almacén físico de los datos puede realizarse tanto en una base de datos relacional como en documentos XML u otros soportes. Este enfoque es perfectamente válido si el sistema fuera estable en el tiempo. Sin embargo, la probabilidad de que la definición de un protocolo cambie a lo largo del tiempo es bastante alta. Así, cualquier evolución que se produjera en la definición del protocolo P , dando lugar a un nuevo protocolo P' , obligaría a modificar también la máquina de estados, de modo que se obtendría otra máquina ME'_P , a partir de la cual habría que determinar un nuevo diagrama de clases DC'_{ME} y del mismo modo con el resto de artefactos (modelos, aplicaciones, bases de datos) involucrados (Figura 2.b). El reto fundamental de la investigación es, una vez más, conseguir gestionar todos estos cambios de la manera más eficaz posible, garantizando en todo momento la integridad de la información en un contexto tan sensible como el médico-sanitario.

Es evidente a la vista de esta breve descripción que el problema abordado es tremendamente complejo, y consecuentemente el volumen de trabajo a realizar enorme. Dos tesis doctorales sobre el tema se encuentran actualmente en proceso de realización. Algunos resultados parciales (para los que se ha contado incluso con la colaboración de expertos internacionales, como el profesor Iván Porres, de la Åbo Akademi University, de Turku, Finlandia) se han publicado en la revista *Novática* [15] así como en diferentes congresos internacionales [14, 30, 31, 29]. Pero aún son muchas las tareas que quedan pendientes de realizar para obtener una solución plenamente satisfactoria en este ámbito.

6. CONCLUSIONES

A lo largo de este artículo hemos presentado el historial científico de la línea de investigación *Dinámica y Evolución de los Sistemas de Información* del Grupo Nóesis. Durante los veinte años que han transcurrido desde sus inicios en el año 1989, los temas tratados han ido variando ligeramente, si bien la experiencia acumulada ha permitido que el conocimiento obtenido se haya ido aumentando

y sucesivamente mejorando en cada fase. Una conclusión llamativa de esta revisión histórica es que la línea de investigación se ha alineado perfectamente con las corrientes mundiales de interés en cada época. Este hecho es una prueba de la capacidad del grupo de integrarse en todo momento en las líneas de investigación e innovación más actuales, lo que es aún más relevante en un ámbito científico tan voluble y cambiante como la Informática. Los avances en la investigación dentro del grupo han ido acompañados del progreso en la escala académica y profesional de sus miembros, ímpetu formativo que aún sigue vigente con la realización en el momento actual de sendas tesis doctorales. Es sin duda un indicador de un futuro prometedor y pleno de éxitos científicos.

REFERENCIAS

- [1] S. BRINKKEMPER. Method engineering: engineering of information systems development methods and tools. *Information & Software Technology* **38**(4), 275–280, 1996.
- [2] E. F. CODD. Extending the database relational model to capture more meaning. *ACM Transactions on Database Systems* **4**(4), 397–434, 1979.
- [3] E. DOMÍNGUEZ. *Un paseo Fenomático*. Discurso de ingreso del académico electo para la Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales, Zaragoza, 1999.
- [4] E. DOMÍNGUEZ, J. LLORET, B. PÉREZ, Á. RODRÍGUEZ, A. L. RUBIO, M. A. ZAPATA. A Survey of UML Models to XML Schemas Transformations. En *Web Information Systems, WISE 2007*, J. L. Hainaut et al. (eds.), pp. 184–195. Springer, LNCS 4831, 2007.
- [5] E. DOMÍNGUEZ, J. LLORET, B. PÉREZ, Á. RODRÍGUEZ, A. L. RUBIO, M. A. ZAPATA. Model-Driven Development Based Transformation of Stereotyped Class Diagrams to XML Schemas in a Healthcare Context. En *Advances in Conceptual Modeling - Foundations and Applications, ER 2007 Workshops*, J. L. Hainaut et al. (eds.), pp. 44–53. Springer, LNCS 4802, 2007.
- [6] E. DOMÍNGUEZ, J. LLORET, A. L. RUBIO, M. A. ZAPATA. Elementary Translations: The Seesaws for Achieving Traceability Between Database Schemata. En *Conceptual Modeling for Advanced Application Domains, ER 2004 Workshops*, S. Wang et al. (eds.), pp. 377–389. Springer, LNCS 3289, 2004.
- [7] E. DOMÍNGUEZ, J. LLORET, A. L. RUBIO, M. A. ZAPATA. Evolving XML Schemas and Documents Using UML Class Diagrams. En *Database and Expert Systems Applications, DEXA 2005*, K. V. Andersen et al. (eds.), pp. 343–352. Springer, LNCS 3588, 2005.
- [8] E. DOMÍNGUEZ, J. LLORET, A. L. RUBIO, M. A. ZAPATA. Evolving the Implementation of ISA Relationships in EER Schemas. En *Advances in Conceptual Modeling - Theory and Practice, ER 2006 Workshops*, J. F. Roddick et al. (eds.), pp. 237–246. Springer, LNCS 4231, 2006.
- [9] E. DOMÍNGUEZ, J. LLORET, A. L. RUBIO, M. A. ZAPATA. Validation of XML Documents: From UML Models to XML Schemas and XSLT Stylesheets. En *Advances in Information Systems, ADVIS 2006*, T. Yakhno (ed.), pp. 48–59. Springer, LNCS 4243, 2006.
- [10] E. DOMÍNGUEZ, J. LLORET, A. L. RUBIO, M. A. ZAPATA. Model-Driven, View-Based Evolution of Relational Databases. En *Database and Expert Systems Applications, DEXA 2008*, S. S. Bhowmick et al. (eds.), pp. 822–836. Springer, LNCS 5181, 2008.
- [11] E. DOMÍNGUEZ, J. LLORET, A. L. RUBIO, M. A. ZAPATA. MeDEA: A database evolution architecture with traceability. *Data & Knowledge Engineering* **65**(3), 419–441, 2008.
- [12] E. DOMÍNGUEZ, J. LLORET, M. A. ZAPATA. Integrity Constraint Enforcement by means of Trigger Templates. En *Advances in Information Systems, ADVIS 2002*, T. Yakhno (ed.), pp. 54–64. Springer, LNCS 2457, 2002.
- [13] E. DOMÍNGUEZ, J. LLORET, M. A. ZAPATA. An Architecture for Managing Database Evolution. En *Advanced Conceptual Modeling Techniques, ER 2002 Workshops*, M. Genero et al. (eds.), pp. 63–74. Springer, LNCS 2784, 2002.

- [14] E. DOMÍNGUEZ, B. PÉREZ, M. A. ZAPATA. Tracing Behavioral Models within an MDD Approach. En *Advanced Web and Network Technologies, and Applications, APWeb 2008 International Workshops*, Y. Ishikawa et al. (eds.), pp. 122–133. Springer, LNCS 4977, 2008.
- [15] E. DOMÍNGUEZ, B. PÉREZ, Á. RODRÍGUEZ, M. A. ZAPATA. Protocolos médicos para la toma de decisiones en un contexto de Computación Ubicua. *Novática* **177**, 38–41, 2005.
- [16] E. DOMÍNGUEZ, A. L. RUBIO, M. A. ZAPATA. Meta-modelling of dynamic aspects: the Noesis approach. En *ECOOOP 2000 International Workshop on Model Engineering*, J. Bezivin and J. Ernst (eds.), pp. 28–35. Sophia-Antipolis/Cannes (Francia), 2000.
- [17] E. DOMÍNGUEZ, A. L. RUBIO, M. A. ZAPATA. A way of dealing with behaviour of state machines. En *UML 2000 Workshop Dynamic Behaviour in UML Models: Semantic Questions*, G. Reggio et al. (eds.), pp. 32–37. York (Reino Unido), 2000.
- [18] E. DOMÍNGUEZ, A. L. RUBIO, M. A. ZAPATA. Dynamic Semantics of UML State Machines: A Metamodeling Perspective. *Journal of Database Management* **13**(4), 20–38, 2002.
- [19] E. DOMÍNGUEZ, A. L. RUBIO, M. A. ZAPATA. Improving the Understandability of Dynamic Semantics: An Enhanced Metamodel for UML State Machines. En *Advanced Topics in Database Research*, K. Siau (ed.), pp. 70–89. Idea Group Publishing, 2004.
- [20] E. DOMÍNGUEZ, M. A. ZAPATA. Mappings and Interoperability: A Meta-modelling Approach. En *Advances in Information Systems, ADVIS 2000*, T. Yakhno (ed.), pp. 352–362. Springer, LNCS 1909, 2000.
- [21] E. DOMÍNGUEZ, M. A. ZAPATA. Noesis: Towards a situational method engineering technique. *Information Systems* **32**(2), 181–222, 2007.
- [22] E. DOMÍNGUEZ, M. A. ZAPATA, J. RUBIO. A Conceptual Approach to Meta-Modelling. En *Advanced Information Systems Engineering, CAiSE*, A. Olivé and J. A. Pastor (eds.), pp. 319–332. Springer, LNCS 1250, 1997.
- [23] I. ESCARIO. *Modelos Conceptuales para la Interfaz con el Usuario*. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza, 1997.
- [24] D. HAREL. Statecharts: A Visual Formalism for Complex Systems. *Science of Computer Programming* **8**, 231–274, 1987.
- [25] M. J. LAPENA. *Bases de conceptos: entre las bases de datos y las bases de conocimiento*. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza, 1993.
- [26] J. LLORET. *Un modelo para el diseño conceptual de bases de datos: el modelo EAN*. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza, 1997.
- [27] J. MILLER, J. MUKERJI (EDS.). *MDA Guide Version 1.0.1*. 2003. <http://www.omg.org/cgi-bin/doc?omg/03-06-01.pdf>.
- [28] OBJECT MANAGEMENT GROUP. *Unified Modeling Language (UML) Resource Page*. 1997–2009. <http://www.uml.org>.
- [29] B. PÉREZ, I. PORRES. Verification of Clinical Guidelines by Model Checking. En *21th IEEE Intl. Symposium on Computer-Based Medical Systems, CBMS 2008*, nombres de los editores (eds.), pp. 114–119. IEEE Computer Society, Jyväskylä (Finlandia), 2008.
- [30] I. PORRES, E. DOMÍNGUEZ, B. PÉREZ, A. RODRÍGUEZ, M. A. ZAPATA. Development of an Ubiquitous Decision Support System for Clinical Guidelines using MDA. En *Proceedings of the CAiSE'07 Forum*, J. Eder, S. Tomassen, A. Opdahl, G. Sindre (eds.), http://www.ceur-ws.org/Vol-247/FORUM_03.pdf, Trondheim (Noruega), 2007.
- [31] I. PORRES, E. DOMÍNGUEZ, B. PÉREZ, A. RODRÍGUEZ, M. A. ZAPATA. A Model Driven Approach to Automate the Implementation of Clinical Guidelines in Decision Support Systems. En *15th IEEE International Conference on Engineering of Computer-Based Systems, ECBS 2008*, pp. 210–218, IEEE Computer Society, Belfast (Irlanda del Norte), 2008.
- [32] A. L. RUBIO. Metamodeling and Formalisms for Representation of Behavior. En *ECOOOP 2002 - 12th Workshop for PhD Students in Object-Oriented Systems*, M. A. Pérez and P. J. Clemente (eds.), Málaga (España), 2002.
- [33] A. L. RUBIO. *Metamodelización y formalismos para la representación del comportamiento*. Tesis Doctoral, Universidad de La Rioja, 2002. <http://www.unirioja.es/servicios/sp/tesis/tesis04.shtml>

- [34] M. A. ZAPATA. *Análisis de la Interfaz con el Usuario: Modelos conceptuales del Control y la Navegación*. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza, 1994.

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E INGENIERÍA DE SISTEMAS UNIV. DE ZARAGOZA, SPAIN
Correo electrónico: **noesis@unizar.es**

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E INGENIERÍA DE SISTEMAS, UNIV. DE ZARAGOZA, SPAIN
Correo electrónico: **jlloret@unizar.es**

DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS Y COMPUTACIÓN, UNIV. DE LA RIOJA, SPAIN
Correo electrónico: **beatriz.perez@unirioja.es**

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E INGENIERÍA DE SISTEMAS, UNIV. DE ZARAGOZA, SPAIN
Correo electrónico: **arv852@unizar.es**

DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS Y COMPUTACIÓN, UNIV. DE LA RIOJA, SPAIN
Correo electrónico: **arubio@unirioja.es**

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E INGENIERÍA DE SISTEMAS, UNIV. DE ZARAGOZA, SPAIN
Correo electrónico: **mzapata@unizar.es**