

# **Enfoque Metodológico basado en técnicas de Ingeniería de Software para el Desarrollo de Sistemas de Modelación y Simulación Hidrológica**

Urciuolo Adriana, Gel Matías, Moyano Ezequiel, Villarreal Martín, Iturraspe Rodolfo

IDEI - ICPA, UNTDF

Dir.: Onas 450, (9410) Ushuaia. Tierra del Fuego. Tel: ++54-2901-443533

[aurciuolo@untdf.edu.ar](mailto:aurciuolo@untdf.edu.ar), [migel@untdf.edu.ar](mailto:migel@untdf.edu.ar), [emoyano@untdf.edu.ar](mailto:emoyano@untdf.edu.ar), [mwillarreal@untdf.edu.ar](mailto:mwillarreal@untdf.edu.ar) ;  
[riturraspe@untdf.edu.ar](mailto:riturraspe@untdf.edu.ar)

## **Resumen**

Los sistemas de Modelación y Simulación hidrológica, presentan características comunes y requerimientos específicos vinculados con la representación y simulación de procesos físicos (por ej. lluvia-caudal). A medida que los mismos evolucionaron, crecieron en complejidad. No obstante ello, el Software del dominio actualmente se desarrolla utilizando lenguajes y herramientas de propósito general, sin considerar el uso de técnicas para el manejo de la complejidad. Como consecuencia, presentan dificultad para el reuso, la representación adecuada de los conceptos del dominio, así como falta de flexibilidad en la configuración de escenarios de simulación.

El presente proyecto de investigación y desarrollo propone la definición de un enfoque metodológico para la construcción de sistemas de Modelado y simulación hidrológica (MySH), basado en la aplicación de técnicas de modelado de la Ingeniería de Software apropiadas a los requerimientos específicos de dichos sistemas, tales como Desarrollo dirigido por Modelos (MDD) y Desarrollo basado en componentes (CBD), con soporte de herramientas DSM.

## **Palabras clave:**

Modelo simulación reuso dominio

## **Contexto**

La línea de investigación dio comienzo en el año 2013 en el Instituto de Desarrollo Económico e Innovación (IDEI) de la UNTDF, por parte de un equipo de docentes-investigadores que lleva adelante proyectos en la temática de Sistemas de Información Ambiental – Hidroinformática (acreditados por la UNPSJB previamente a la creación de la UNTDF) desde el año 2001. Actualmente esta línea se desarrolla en el Instituto de Ciencias Polares, Recursos Naturales y Ambiente (ICPA-UNTDF), en un Proyecto a comenzar, titulado: “Modelación de servicios ecosistémicos vinculados a la gestión del agua en cuencas de Tierra del Fuego” (Abril/2015-Marzo/2018). El mismo ha obtenido aval UNTDF y será ejecutado en el marco de la “Red para la conservación de Ecosistemas fluviales de Patagonia” - CONICET, la cual está conformada por diversos organismos de investigación y gestión de la Patagonia, y es coordinada por el CENPAT, con nodos en Chubut, Neuquén y Tierra del Fuego.

El grupo responsable de la presente línea de investigación desarrolla sus actividades en el Nodo Tierra del Fuego de la Red Ecofluvial, en el componente 2 del Proyecto mencionado: Modelado específico de dominio - Hidroinformática.

## Introducción

El Software de modelado y simulación ambiental (MySA) permite normalmente realizar abstracciones del mundo real y utilizarlas para la simulación de procesos físicos, optimización y soporte de decisión [14]. Aplicaciones típicas del dominio son las relativas a la modelación de eventos naturales y antrópicos (por ej. predicción de crecidas de ríos), como es el caso del software de modelos de simulación hidrológica, climática, etc. Entre los requerimientos básicos de estas aplicaciones se mencionan: el manejo de la complejidad, la posibilidad de definir de manera flexible escenarios de simulación con diferentes procesos naturales y métodos de cálculo intercambiables y la necesidad de reusar modelos y/o sus componentes en diferentes contextos.

A pesar de su complejidad, en muchos casos estos sistemas han sido desarrollados con enfoques tradicionales, implementados en lenguajes de propósito general, sin considerar un nivel de abstracción adecuado ni el uso de apropiadas técnicas de modelado [10] propuestas por la Ingeniería de Software. Esto provoca grandes dificultades para su extensión, su ajuste y/o adaptación flexible a distintos escenarios, así como para la incorporación de nuevas o diferentes formas de simular un mismo proceso, sin posibilidad de reuso del esfuerzo realizado [2]. Al respecto se destaca que el reuso de modelos se refiere usualmente a la transferencia de un modelo a otra área de estudio, el reuso de un componente de un modelo dentro de un modelo complejo o el reuso dentro de otro entorno computacional. Según Athanasiadis I. *et al*, el limitado reuso del software ambiental puede deberse en parte a que las herramientas utilizadas para su desarrollo son de propósito

general, sin un nivel de abstracción apropiado [2].

Los últimos años se ha planteado que una importante dirección de la Ingeniería de software es la “Ingeniería de software específico de dominio” (DSSE) [4], considerando sus beneficios para el reuso y potencial para automatización de software. Este enfoque propone el desarrollo de software en un mayor nivel de abstracción vía Modelado específico de dominio (DSM) y lenguajes específicos de dominio (DSLs), resultando muy conveniente para el desarrollo de sistemas complejos [6]. El uso de apropiadas técnicas de modelado [10] bajo este enfoque permitiría responder a los requerimientos del Software MSyA expuestos.

DSM permite que desarrolladores y usuarios del software describan sus características desde una perspectiva común del espacio del problema, sin abrumarse por la complejidad del espacio de la solución. DSM se perfila además como una respuesta al reuso de software en dominios específicos, dado que permite optimizar el conocimiento dentro de un dominio dado, a través de: análisis de dominio, requerimientos y arquitecturas referenciales, lenguajes de modelado propios del dominio y DSLs. El lenguaje de modelado sigue las abstracciones y semántica del dominio, permitiendo que los desarrolladores se perciban trabajando directamente con los conceptos del dominio. Para estos fines, DSM utiliza DSLs en combinación con generadores de código y frameworks de dominio [15] [16].

A partir de modelos de alto nivel se puede generar código completamente funcional, de allí que el uso de adecuadas técnicas de desarrollo y modelado de software resulta esencial para una

solución DSM en un dominio. Los modelos ayudan al desarrollo de sistemas grandes y complejos. MDD [11] [13] es un enfoque que representa el desarrollo del ciclo de vida del software como actividades de modelado y transformación de modelos. Propone la idea de modelar con alto nivel de abstracción, generando luego otros artefactos necesarios más adelante en el ciclo de vida (tales como el código) [3].

DSM se beneficia utilizando MDD, por cuanto el Metamodelado es una práctica clave para construir un entorno de un dominio específico. La utilización de DSM con enfoque MDD permite elevar el nivel de automatización en el dominio. Se captura el conocimiento del dominio en un metamodelo, se definen las transformaciones y se da comienzo al proceso de transformación [1]. Si bien la implementación de DSLs consume un gran esfuerzo, su definición a través del enfoque MDD y sus herramientas resulta sumamente eficiente [1].

Por otra parte, las relaciones jerárquicas entre componentes son una forma bien aceptada de manejar la complejidad proveyendo composición de granularidad fina. El Desarrollo basado en componentes (CBD) [14] se relaciona con el desarrollo de sistemas a partir de unidades independientes de software (componentes) con interfaces bien definidas, vinculados entre sí. Este enfoque permite definir componentes de dominio como alternativa al manejo de la complejidad presente en las aplicaciones MySA [12].

En el pasado se han desarrollado frameworks, modelos conceptuales, microarquitecturas y arquitecturas CBD para modelos de simulación hidrológica que abordaban el problema de reuso de diseño en forma parcial [16]. Existen

además una cantidad de frameworks disponibles. No obstante, aún sigue vigente el desafío del reuso, dado que los modelos son desarrollados a través de diferentes comunidades y organizaciones, cada una con sus paradigmas de modelado, lenguajes y herramientas específicos, sin definir el enfoque metodológico conveniente para el desarrollo de este SW y sus requerimientos. De igual manera, el uso de DSM para modelación y simulación aún resulta incipiente [8] y hasta la fecha no se cuenta con un entorno DSM para Modelos de Simulación hidrológica, sino con experiencias aisladas para algunos sistemas del dominio [5] [7].

De acuerdo a lo expuesto, en el Proyecto de Investigación se propone la definición de un enfoque metodológico para el desarrollo de SW del dominio MySA, en particular de una familia de Modelación y Simulación Hidrológica – (MySH), basado en técnicas de la Ingeniería de SW apropiadas al manejo de la complejidad, tal como CBD y a su modelación en niveles adecuados de abstracción, tales como DSM y MDD.

## **Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación**

En el presente trabajo se exploran las posibilidades y limitaciones de la Ingeniería de SW específico de Dominio para el desarrollo de software MSyH, analizando su impacto en la especificación de requerimientos, modelado, diseño e implementación de sistemas en un dominio dado.

El Proyecto se divide en componentes correspondientes a cada objetivo específico. Se describe la metodología propuesta para cada uno de ellos:

### **1. Síntesis de estado del arte**

Comprende la revisión bibliográfica de las actuales metodologías de ingeniería de dominio, y en particular de diseño de dominio (DDD), basadas en MDD y DSM. Se analiza la forma y el grado de aplicación de dichas metodologías en el dominio de estudio.

## 2. Desarrollo de recursos centrales (core assets) para MySH.

Se realiza un proceso de Ingeniería de Dominio, definiendo los recursos centrales de aplicaciones MySH: *Requerimientos de dominio, Modelo de dominio, Arquitectura de dominio (CBD)*.

El desarrollo de los recursos centrales del dominio comprende las siguientes etapas:

- Definición de requerimientos referenciales del dominio
- Análisis de dominio: Se define un Modelo de Dominio, sobre la base del estudio de ámbito, objetos, procesos del dominio, variabilidad, etc..
- Definición de componentes de dominio e interfaces para MySH
- Diseño del dominio: Se define la Arquitectura referencial del dominio

## 3. Definición del Enfoque metodológico para el desarrollo de SW MySH

Comprende la Definición del Proceso de desarrollo de sistemas del dominio MySH basado en DSM-MDD [9] y CBD (Fig. 1) y la Construcción de soporte para modelado específico (DSML) de MySH: DSLs, frameworks específicos de dominio y generadores de código.

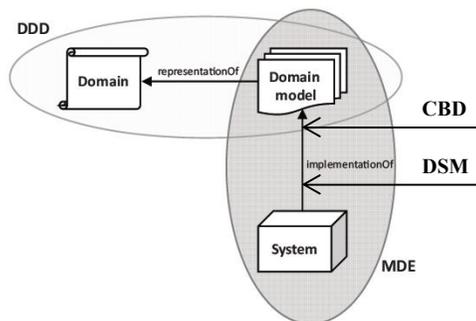


Fig. 1: Enfoque relacionando DDD y MDD. Fuente: [3]

## 4. Validación en Caso de Estudio Modelo Lluvia-caudal simple.

Se aplica el enfoque en un Caso de Estudio específico de MySH: Modelo Lluvia-caudal de la cuenca del Arroyo Buena Esperanza, utilizando el proceso y el soporte DSM obtenidos a los fines de su validación, con distintos escenarios de simulación. La configuración de escenarios, la preparación de datos y las pruebas del software se realizarán en forma conjunta con expertos del dominio. Se comprobará la factibilidad de utilización del modelo en diferentes contextos a los fines de comprobar reusabilidad del SW

## Resultados y Objetivos

El Objetivo general del Proyecto es definir un enfoque metodológico para el desarrollo de software en el dominio de aplicaciones MySH bajo el soporte de un entorno DSM, basado en técnicas de modelado apropiadas a los requerimientos específicos de estas aplicaciones vinculados al manejo de la complejidad, flexibilidad, integración y reuso.

Los objetivos específicos con:

- Analizar y sintetizar el estado del arte sobre la aplicación de metodologías CBD y MDD en entornos DSM para el campo de los sistemas MySA
- Desarrollar los recursos centrales para familias de aplicaciones de MySA en el ámbito de la modelación hidrológica
- Proveer de un proceso de desarrollo y de soporte de herramientas DSM basadas en MDD para software MySH: DSLs, frameworks específicos de dominio, generadores de código.
- Validar los resultados obtenidos en el desarrollo de un Modelo de Simulación Hidrológica simple

En trabajos anteriores del grupo de investigación se analizaron DSLs para la modelación de Ecosistemas Naturales

[16], definiendo como un primer resultado de los estudios realizados, un DSL para aplicaciones de glaciología, incluyendo un framework y un generador de código [7] [15]. La experiencia obtenida permite avanzar en la construcción de un enfoque general y de un entorno aplicable a distintos modelos del dominio MSyH.

## Formación de Recursos Humanos

El Equipo de Trabajo es multidisciplinario; está conformado por docentes investigadores de la UNTDF, licenciados en informática y expertos del dominio MSyH (hidrólogos). En esta línea de investigación se desarrolló la tesina de grado de Lic. en Informática “DSM para aplicaciones de Glaciología” [5] y se están formulando las propuestas para dos tesis de posgrado (Magister en Ing. de Software – UNLP): Ingeniería de Requerimientos aplicada al Modelado específico de dominio (Ezequiel Moyano) y Arquitectura referencial para aplicaciones del dominio de simulación de ecosistemas naturales (Martín Villarreal). Existe una tesis de Doctorado en Cs. Informáticas (UNLP) s/ Componentes de Dominio para aplicaciones ambientales, en desarrollo.

## Referencias

- [1] Ahmed E. *Getting Started with MDD y DSM*. Software Engineering Competence Center, 2013
- [2] Athanasiadis I., Villa F. *A roadmap to domain specific programming languages for environmental modeling*. ACM, NY, 27-32, 2013
- [3] Brambilla M., Cabot J., Wimmer M. *Model Driven Software Engineering in Practice*. Ed Morgan & Claypool. 2012.
- [4] Bryant B. Gray J. *Domain-Specific Software Engineer*. ACM 978-1-4503-0427-6/10/11., Santa Fe, New Mexico, USA, 2010
- [5] Fall A., Joseph Fall *A domain-specific language for models of landscape dynamics* Original Research Article *Ecological Modelling, Volume 141, Issues 1–3, 2011, P 1-18*
- [6] Fowler M. *Domain-Specific Languages – USA* - Addison-Wesley Professional - 2011.
- [7] Gel M., Urciuolo A., Iturraspe R., (2014). *Lenguaje específico de Dominio para aplicaciones de modelación glaciológica*. XX CACIC 2014, 1ª. Ed. San Justo, Univ. Nacional de La Matanza. E-Book. ISBN 978-987-3806-05-6
- [8] Olaf D., Lloyd W., Ascough J., Green T & others. *Domain Specific Languages form Modeling and Simulation: Use Case OMS3*. (IEMSS). Proc. Int. Congress of Envi. Modeling and Software. Germany. Seppelt Eds., 2012
- [9] Osis J., Alsina E. *Model Driven Domain Analysis and Software Development*. Pub. by Information Science Reference. 2011.
- [10] Pons C., Arévalo, Zabala, Morán . *Applying Soft. Engineering Techniques to the Development of Robotic Systems*. XVII CACIC, 2013
- [11] Pons, C., Giandini, R., Perez, G.: *Desarrollo de Software Dirigido por Modelos. Teorías, Metodologías y Herramientas*. McGraw-Hill Education (2010)
- [12] Sora I., Cretu V. *Managing variability of self-customizable systems through composable components*. Wiley & Sons, Software Process: Improvement and Practice. Vol 10, 2005
- [13] Stahl, M.V.: *Model Driven Software Development*. John Wiley and Sons, Inc (2006)
- Steven K. y Juha-Pekka, Tolvanen - *Domain-Specific Modeling Enabling Full Code Generation* IEEE Computer Society / Wiley & Sons – 2008.
- [14] Szyperski, C.: *Component Software: Beyond Object-Oriented Programming*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, USA, 2nd edn. , 2002
- [15] Urciuolo A., Gel M., Iturraspe R., Moyano E., Villarreal M., (2014). *Lenguajes específicos de dominio para la Modelación de Ecosistemas naturales*. Proceedings WICC 2014 (libro electrónico). Ed. UNTDF. Pp. 382-386
- [16] Urciuolo A., Iturraspe R., Moyano E., Gel M., *Modelado Específico de Dominio para una familia de aplicaciones de Software de Modelación de Ecosistemas Naturales*. Ed. UADER. WICC 2013, Pp 480-485.