

## Una Ontología para la Interoperabilidad de Modelos de Simulación

Mónica del Carmen Gil, Germán Montejano, Mario Berón  
Facultad de Ciencias Físico–Matemáticas y Naturales - Universidad Nacional de San Luis  
Ejército de los Andes 950 - San Luis - Argentina  
sistemas97@hotmail.com, [gmonte@unsl.edu.ar](mailto:gmonte@unsl.edu.ar), [mberon@unsl.edu.ar](mailto:mberon@unsl.edu.ar)

### Resumen

En la actualidad los diseñadores de sistemas y sus usuarios tienen dificultad a la hora de querer lograr la interconexión entre diferentes sistemas, a menudo por la falta de documentación o las deficiencias en la misma.

Para salvaguardar este inconveniente se necesita de un equipo de investigadores e instituciones comprometidas con el desarrollo de programas y estándares de datos, los cuales faciliten un entendimiento funcional de cómo operan los sistemas.

El uso de técnicas de simulación permite el diseño, la evaluación de alternativas, el pronóstico, la experimentación de estrategias, el contraste de teorías y el apoyo a la toma de decisiones, facilitando abordar la complejidad que presentan los sistemas.

La construcción de simuladores que sean **interoperables** entre sí, implica el manejo de diversos aspectos complejos tales como el progreso del tiempo, los modelos matemáticos y sistemas bien definidos y documentados a **nivel conceptual**, como así también, el compromiso de las distintas organizaciones responsables de brindar la información requerida.

### Contexto

El presente trabajo se enmarca en el Proyecto de Investigación: Ingeniería de Software: Aspectos de alta sensibilidad en el ejercicio de la profesión del Ingeniero de Software” de la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales, Universidad Nacional de San Luis.

### Introducción

La simulación de sistemas, y en específico la simulación basada en modelos computacionales, supone el estudio de conceptos sobre las ciencias sociales, matemáticas y de la computación, y busca la creación de modelos simplificados de la realidad estudiada.

La simulación de sistemas implica la construcción de modelos. El objetivo es averiguar qué pasaría en el sistema si acontecieran determinadas hipótesis, para ello se utilizan los modelos de simulación que son un importante medio para aumentar la eficiencia de la investigación, ya que estos auxilian a los investigadores en la asimilación del conocimiento adquirido mediante la experimentación.

Un modelo es un subconjunto de la realidad; cuando se construye el modelo parte del mundo real y sus relaciones quedan excluidas.

A pesar de que los modelos de simulación han sido usados con éxito, para entender diversos procesos sociales, como así para asistir la formulación y evaluación de políticas en diferentes sistemas, existen pocos esfuerzos para formalizar, sistematizar y comunicar métodos para su descripción en la etapa conceptual.

Las investigaciones realizadas hasta el momento [1,2,3,4], permiten comprobar que no existen metodologías para unificar criterios de especificaciones en las primeras etapas de diseño de cualquier sistema, lo que conduce a problemas de interoperabilidad al no modelar las relaciones que son necesarias para asegurarla. La mayoría de los modelos no están bien especificados y documentados desde un nivel inicial.

No existe un método que permita integrar y compartir los datos entre distintos modelos de simulación. Esto trae como consecuencia el desarrollo de soluciones ad-hoc, lo que ocasiona gastos y esfuerzos humanos innecesarios.

Es posible resolver este problema a través de la elaboración de ontologías como un medio para la definición de un vocabulario común para todos los modelos de simulación.

Durante el Panel de discusión SCS-SISO (*Simulation Interoperability Standards Organization*) [5] / SCS (*Society for Modeling and Simulation International*) sobre las prioridades para estándares de modelos y simulación, Seigler explicitó en su presentación que para asegurar la interoperabilidad entre sistemas la estandarización debe ser alcanzada en el nivel de modelado, por ej: el nivel de estandarización debe ser más alto que los estándares del nivel de programación aplicados actualmente. Para una “significativa interoperabilidad”, compartir los datos estandarizados vía protocolo estandarizado, tales como el DIS protocolo (*Distributed Interactive Simulation*) o el HLA (*High-Level Architecture*), son necesarios pero no suficientes [6].

La coordinación de los modelos conceptuales subyacentes, la armonización de las ideas de operación simuladas es el **quid de la cuestión** para crear soluciones interoperables. En lugar de estandarizar solamente los requerimientos de intercambio de información también se debe coordinar la cadena causa efecto en el modelo subyacente.

La única instancia del proceso de desarrollo del modelo y simulación que lleva a asegurar esto es el modelo conceptual. El modelo conceptual describe qué parte del mundo real es modelada y bajo qué restricciones, y algunas veces cuál

es más importante y qué parte no será modelada.

Los sistemas de información hidrológica requieren interoperabilidad (capacidad para compartir datos y procesos) porque contienen grandes cantidades de información que se debe complementar para realizar procesos de análisis, predicción y estudios socioeconómicos, entre otros. Pese a existir estándares para el desarrollo de Sistemas de Agua, la interoperabilidad entre sistemas ya desarrollados es un problema, ya que la estructura de datos y procesos es propia de cada sistema y la gran cantidad de datos dificulta su migración a las estructuras estándares.

Por ello, este trabajo de investigación científica y tecnológica se centra en el desarrollo de un vocabulario común para todos los modelos de simulación. Esto permite que las tareas realizadas en un modelo puedan ser interpretadas por otro modelo diferente.

Para lograr una interoperabilidad significativa entre los sistemas de simulación se aplicará métodos de ingeniería que contribuyan a las soluciones composables, es decir soluciones independientes y re combinables, que se pueden usar como entrada de otro modelo y satisfacer necesidades específicas de cada usuario, basándose en el estándar LCIM (*“Levels of Conceptual Interoperability Model”*)[7], hasta poder cumplir principalmente con lo requerido en el Nivel Conceptual para aplicaciones de modelos y simulación.

### **Línea de Investigación**

Los esfuerzos científicos, para cubrir la demanda de los usuarios sin el continuo deterioro de los datos para aplicaciones específicas, requiere de un método que reconozca la complejidad del mundo real de naturaleza físico-químico y biológico como así también de consideraciones de naturaleza socio-económica, culturales y políticas.

Como consecuencia de los avances en tecnología de computación y de la ciencia de la informática, en la actualidad se dispone de las herramientas de apoyo para la integración del conocimiento adquirido a nivel disciplinario. Esta característica permite que este entendimiento pueda ser usado para analizar la complejidad del comportamiento de los sistemas. Es relevante destacar que en estas herramientas se incluyen los modelos de simulación, la definición y adopción de estándares y las prácticas adecuadas para tal fin.

Además de los estándares, existe el mismo problema en cuanto a arquitecturas: el uso de diferentes metodologías de diseño, sistemas marco, componentes, etc. dificulta la interconexión entre diferentes sistemas, a menudo por la falta de documentación o las deficiencias en la misma.

Asimismo, al momento de diseñar y definir su estructura la reusabilidad no es una prioridad; se compromete aún más, dada la falta de metodología para unificar criterios de especificaciones en las primeras etapas de diseño de cualquier sistema. La mayoría de los modelos de simulación no están bien especificados y documentados desde un nivel inicial. A la hora de diseñarlo se pasa por alto las especificaciones a un nivel conceptual, muchas veces por premuras de tiempo.

De esta manera se generan aplicaciones con una baja adaptabilidad e interfaces poco fáciles de utilizar para el usuario, ya que los sistemas no responden a estructuras similares, para dominios similares, definidas con criterios comunes a todos los desarrolladores.

El desafío no es el intercambio de datos entre sistemas, ya que la arista técnica está suficientemente tratada por los estándares de interoperabilidad [8]. El problema es que los conceptos de los modelos (subyacentes) necesitan también estar alineados. Con esto se quiere decir que hacer las cosas bien desde un

principio, como definir los datos y dejarlos documentados, ahorra tiempo y esfuerzos en futuras modificaciones o usos de los mismos.

### ***Soluciones posibles basadas en LCIM***

Los modelos de simulación son un importante medio para aumentar la eficiencia de la investigación y toma de decisiones. Esto se debe a que: i) Pueden auxiliar a los investigadores en la asimilación del conocimiento adquirido mediante la experimentación, ii) Proporcionan un marco de referencia para aportes de carácter multidisciplinario, iii) Promueven el método de sistemas para la solución de problemas y iv) Facilitan una organización sistemática del conocimiento existente.

Teniendo en cuenta lo mencionado en el párrafo precedente, se propone usar una estructura estandarizada de elementos que envuelvan el contenido de los diferentes modelos. Así, cuando se vayan sumando modelos y soluciones interoperables, se podrán reutilizar las especificaciones semánticas anteriores ampliándolas sólo cuando por particularidades específicas se requiera. Se evitará de esta manera la duplicación de esfuerzos y se ampliará el alcance de la interoperabilidad.

Para lograr la integración y el trabajo coordinado de los sistemas de información se deben solucionar problemas: i) Semánticos, como las incongruencias de estructuras de información incomprensibles de una organización a otra; ii) Organizacionales, causados por procesos administrativos que se repiten innecesariamente; iii) Técnicos, causados por programas informáticos incompatibles entre sí y iv) De gobernanza, debidos a la falta de normas y de la institucionalidad necesarias para lograr acuerdos de intercambio de información entre las organizaciones que terminen siendo prácticas homogéneas y estándares aceptados por todas ellas.

El mejoramiento de las condiciones de intercambio de información puede buscarse desde ahora, en cada organización, para evitar que se sigan desarrollando soluciones informáticas aisladas ignorando las lecciones del pasado.

Para el logro de estas soluciones, basadas en el LCIM, es necesario contar con sistemas que sean interoperables, es decir, que compartan estándares técnicos, semánticos y organizacionales acordados y acatados por todos.

La solución propuesta consiste en la definición de una ontología que condense el vocabulario común y las relaciones existentes entre todos los modelos de simulación.

Para llevar a cabo esta tarea se necesita: Adoptar un Modelo de Interoperabilidad a Nivel Conceptual el que da rigor ingenieril a las diferentes etapas por las que pasará la definición de la Ontología, evitando la elaboración de soluciones ad hoc. Luego de realizada la tarea mencionada previamente, se llevará a cabo una investigación profunda de los modelos de simulación. Esta tarea tiene como finalidad poder extraer un vocabulario común y las relaciones existentes entre los términos para poder, cumpliendo con las etapas del modelo de Interoperabilidad, dar soporte a las distintas etapas de una forma integrada, consistente y flexible.

El resultado de todo este proceso es obtener la Ontología que permita la interoperabilidad de los diferentes modelos de simulación.

### ***Caso de estudio para la aplicación de las soluciones propuestas***

Los sistemas de información geográfica (SIG) se están convirtiendo en importantes sistemas de gestión de información geo-referenciada en un amplio dominio de aplicación, especialmente en las ciencias de la tierra, la

atmósfera y el océano. Esta gestión comprende procesos de análisis, predicción, estudios socioeconómicos y ecológicos, entre otros, para lo que resulta importante la posibilidad de inter-operar entre ellos [9].

Hoy en día, el empleo de modelos hidrológicos es indispensable, ya que pueden ser utilizados para analizar diferentes aspectos del agua como por ejemplo: los escurrimientos, las inundaciones, la operación de embalses, así como los sistemas de abastecimiento, los usos del agua, su aprovechamiento y protección del agua subterránea [10].

Con la llegada de los Sistemas de Información Geográfica y su aplicación en la modelación hidrológica, el hidrólogo encontró una forma de automatizar y hacer más eficiente los análisis que llevaba a cabo.

Para ello surgieron distintos simuladores de flujos de agua como ser: el Hydrus (simula el flujo unidimensional, transporte de un sólo soluto y movimiento de calor, en un medio variablemente saturado), Feflow (modelación avanzada tridimensional de elemento finito para flujo de aguas subterráneas, calor y transporte de contaminantes), Visual Help (estándar internacional para la modelación de hidrología de rellenos sanitarios y para la estimación de las tasas de recarga de aguas subterráneas), Visual Modflow (estándar de la industria en modelación tridimensional de flujo de aguas subterráneas, transporte de contaminantes y de calor) pero ninguno de estos simuladores pueden integrarse entre sí por no existir un Modelo Conceptual Compartido en cada uno de esos programas, es decir los resultados que brinda un simulador no pueden ser utilizados por otro [11].

Teniendo en cuenta lo importante que es el uso de estos simuladores para el dominio hidrológico se definirá e instanciará la ontología para la interoperabilidad de modelos

y simulación con los conceptos del dominio hidrológico.

Los pasos para llevar a cabo la aplicación mencionada en el párrafo precedente son: i) Estudiar el dominio, ii) Definir el modelo conceptual para especificar luego su ontología.

Una vez que se define la ontología se confecciona un set de encuestas al que se le realizará chequeos de consistencia sometiéndolo a la validación de su contenido por expertos en el dominio.

El objetivo de esta encuesta es verificar si los conceptos, atributos y relaciones definidos para el dominio hidrológico son considerados válidos y suficientes como datos comunes y más usados para ser utilizados en cualquier aplicación relacionada al Balance Hídrico abstrayéndose la evapotranspiración y la evaporación.

El set de encuestas está integrado por un Diagrama de Clases de UML y por un conjunto de Tablas.

El Diagrama de Entidad Relación está compuesto por los conceptos y relaciones a validar.

En cada tabla se encuentra una definición asociada a cada uno de los conceptos que intervienen en el diagrama. El experto deberá tildar la casilla V (verdadero) en caso que sea correcta la definición y la más usada para cada concepto.

Por cada concepto se encuentran definidos cada uno de los atributos asociados al mismo. El experto deberá validar con un tilde si están correctos y son suficientes para desarrollar aplicaciones en el dominio hidrológico para el Balance Hídrico.

En caso de diferir en alguno se le solicita completar el apartado de Observaciones que se encuentra al pie de cada tabla.

En base a los resultados se confecciona una nueva tabla por cada concepto con sus atributos y se define el vocabulario común consistente definido y consensuado por los expertos en el dominio.

### **Formación de Recursos Humanos**

En cuanto a la formación de recursos humanos en esta línea de investigación se espera:

- I) La finalización de tesis de maestría de dos maestrandos que actualmente están trabajando en el tema, y una tesis doctoral de un investigador del proyecto;
- II) Incrementar la interrelación con la Universidad Federal de Minas Gerais, institución con quien se mantiene un convenio de bi-titulación y
- III) Posibilitar la generación de nuevas tesis de doctorado, maestría y tesinas de licenciatura.

### **Bibliografía**

- [1] F. Javier Sanchez San Román, *“Introducción a Visual Modflow”*, Dpto. Geología Universidad de Salamanca(España).
- [2] Enric Peig Olivé; *“Interoperabilidad de Metadatos en Sistemas Distribuidos”*; Universitat Pompeu Fabra, Octubre 2003.
- [3] Mark Kasunic, William Anderson; *“Measuring Systems Interoperability: Challenges and Opportunities”* Software Engineering Measurement and Analysis Initiative, CMU/SEI-2004-TN-003, Abril 2004
- [4] José Aurelio Martínez García; *“Simulación de link 16 sobre HLA”*; Universidad Europea de Madrid, Escuela superior politécnica -Área de telecomunicación, Curso 2006-2007

- [5] SISO/SCS Panel Discussion: “*Priorities for M&S Standards*,” Spring Simulation Interoperability Workshop, Orlando, Florida, March 2003.
- [6] IEEE Standard Group 1516: “*High Level Architecture*” (Revision 2000), IEEE CS Press.
- [7] Andreas Tolk, Ph.D., James A. Muguira, “*The Levels of Conceptual Interoperability Model*”, Virginia Modeling Analysis and Simulation Center Old Dominion University, Tolk/Muguira 2003.
- [8] Moreno, H., S. Silveira-Netto y H. Sin (2007), “*Conceptualización de arquitectura de gobierno electrónico y plataforma de interoperabilidad para América Latina y el Caribe*”, serie Sociedad de la información (LC/W.140), Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile, julio.
- [9] Carlos Mario Zapata Jaramillo, Guillermo González Calderón, María Isabel Marín Morales, “*Un caso de estudio en interoperabilidad entre sistemas de información geográfica*”, Universidad de Medellín, 2009.
- [10] M. en C. Víctor Hugo Guerra Cobián, “*Análisis del efecto de discretización espacial en el modelado de cuencas hidrológicas utilizando el modelo distribuido CEQUEAU-ONU*”, Toluca México, Septiembre de 2007.
- [11] F. Javier Sanchez San Román, “*Introducción a Visual Modflow*”, Dpto. Geología Universidad de Salamanca (España).
- [12] Esmeralda Ramos y Haydemar Nuñez “*ONTOLOGÍAS: componentes, metodologías, lenguajes, herramientas y aplicaciones*”, Centro de Ingeniería de Software y Sistemas - ISYS- Laboratorio de Inteligencia Artificial - LIA- Caracas, Julio, 2007.
- [13] C4ISR Architecture Working Group, “*Levels of Information Systems Interoperability (LISI)*”. U.S. Department of Defense, March 1998.
- [14] Lisa L. Brownsword, David J. Carney, David Fisher, Grace Lewis, Craig Meyers, Edwin J. Morris, Patrick R. H. Place, James Smith, Lutz Wrage; “*Current Perspectives on Interoperability*”, TECHNICAL REPORT, CMU/SEI-2004-TR-009, ESC-TR-2004-009, March 2004.