

Desarrollo e implementación de métricas para el análisis de las interacciones del Dispositivo Hipermedial Dinámico

Guillermo Rodríguez¹

¹ Centro Internacional Franco Argentino de Ciencias de la Información y de Sistemas, CIFASIS (CONICET-UNR-UPCAM), Bv. 27 de febrero 210 bis, 2000 Rosario, Argentina
guille@fceia.unr.edu.ar

Resumen. El trabajo propone el desarrollo e implementación de métricas para el análisis evaluativo de la calidad de las interacciones en redes sociotécnicas para la construcción y diseminación de conocimiento. Estas métricas cuantitativas son flexibles a los diversos requerimientos, tanto de los sujetos participantes como de las tecnologías sociales y digitales, y se exponen atendiendo al marco teórico y metodológico de los Dispositivos Hipermediales Dinámicos. El mismo es abordado como sistema complejo utilizando el formalismo DEVS (Discrete EVents dynamic Systems) para su modelado global y la integración tecnológica de dichas métricas. Sumamos también el resultado obtenido en un caso de uso utilizando el entorno PowerDEVS. La propuesta sienta las bases para el desarrollo de una herramienta de seguimiento de procesos participativos de educar, investigar, producir y gestionar. A su vez, se obtiene un indicador para el cambio contextual de los participantes, resignificando una característica de sus comportamientos y atendiendo a la posibilidad de usar la información de interactividad como parámetro context-aware de los contratos.

Palabras Clave: Dispositivo Hipermedial Dinámico – Sistemas complejos – Métricas – Eventos Discretos – TIC.

1 El Dispositivo Hipermedial Dinámico

El actual contexto físico-virtual que se construye a partir de la utilización de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) posibilita a los sujetos ser partícipes de redes sociotécnicas conformadas por una multiplicidad de componentes y relaciones, que se configuran y reconfiguran por las diversas interacciones en función de una gran diversidad de requerimientos. En este sentido, el Programa interdisciplinario de I+D+T “Dispositivos Hipermediales Dinámicos” (DHD) [1], radicado en CIFASIS (CONICET-UNR-UPCAM), estudia la complejidad evidente de las mencionadas redes, integrando aportes de diversas disciplinas como informática, educación, ingeniería, psicología y antropología, entre otras.

Se conceptualiza como Dispositivo Hipermedial Dinámico -DHD- a la red heterogénea [2] conformada por la conjunción de tecnologías y aspectos sociales que posibilitan a los sujetos realizar acciones en interacción responsable con el otro para

investigar, aprender, dialogar, confrontar, componer, evaluar, bajo la modalidad de taller físico-virtual, utilizando la potencialidad comunicacional, transformadora y abierta de lo hipermedial, regulados según el caso, por una “coordinación de contratos” [3].

En la implementación y optimización de un DHD para la producción y diseminación de conocimiento, los mecanismos de medición y evaluación suponen una de las actividades principales para el análisis y el aseguramiento de la calidad de lo que se desarrolla a través de los mismos.

Los procesos de medición son fundamentales dado que permiten cuantificar un conjunto de características deseadas acerca de un aspecto específico de algún ente en particular, proveyendo una visión más o menos detallada de su estado o condición. Por su parte, la evaluación interpreta los valores obtenidos en la medición. Para dichos procesos de medición y evaluación es necesario obtener datos cuantitativos, a partir de métricas de atributos de entes y la posterior interpretación de la medida a partir de indicadores [4].

Funcionalmente el DHD es conceptualizado como sistema complejo [5], en el cual los Participantes (P) a través del intercambio analítico y de producción de textos mediatizados en diversos tipos de formatos digitales, construyen las posibilidades y limitaciones de la mediación interdisciplinaria responsable en su área de incumbencia, siendo deseable que se pueda observar un paulatino cambio en su situación contextual. Al constatar que la característica primordial del DHD, es que las interacciones se deben a la ocurrencia asincrónica de eventos, hemos optado por el modelado con DEVS, Discrete Event System specification [6], considerándose además la gran adaptación del formalismo para modelizar sistemas complejos, y su simplicidad y eficiencia en la implementación de simulaciones.

En el presente trabajo se elabora un conjunto de métricas flexibles que contemplan las principales características de las interacciones de los participantes (sección 2). Se integran las mismas al modelo sistémico realizado en DEVS del Dispositivo Hipermedial Dinámico, para obtener finalmente un valor de numérico del nivel de interactividad de cada participación (sección 3). Por último, utilizamos un entorno de trabajo para la implementación en un caso de uso determinado (sección 4). Finalizamos con una breve conclusión y las actuales continuidades de desarrollo.

2 Construcción de métricas para el DHD

Es numerosa la información existente referida a la definición de métricas e indicadores, sin un claro consenso en cuanto a la terminología. En este sentido consideramos que la Ontología de Métricas e Indicadores presentada en [7] se constituye en una importante propuesta para el área de gestión calidad y un aporte valioso para las actividades implicadas en dicha gestión. Si bien hay estudios en el tema, en este trabajo nos enfocaremos en el marco de medición y evaluación orientado a propósitos, denominado INCAMI (Information Need, Concept model, Attribute, Metric and Indicator) [8]. INCAMI se fundamenta en el método WebQEM (Web Quality Evaluation Method) [9], el cual se basa en modelos y métricas de calidad y se centra en la evaluación cuantitativa de características y atributos de

entidades. De esta manera, INCAMI puede ser utilizado en el diseño de requerimientos no funcionales, en la selección de métricas para cuantificar los atributos de las entidades involucradas y en la interpretación de los valores correspondientes mediante indicadores.

La primera fase corresponde a la definición y especificación de requerimientos. Este módulo trata con la definición de la necesidad de información (es decir, el foco de la evaluación) y el diseño de los requerimientos no funcionales, que servirán como guías para las actividades posteriores de medición y evaluación.

Tomamos como punto de partida la descripción del componente conceptual básico del DHD denominado Paquete Hipermedial (PH) [10], en el cual se requiere necesariamente dos sujetos que interactúen entre sí a través de alguna herramienta TIC, pudiéndose verificar algún cambio de contexto en al menos uno de los sujetos y la participación inicial de un tercero como determinante constitutiva y dinámica de la red. La estructura del PH como componente conceptual básico quedó definida según la siguiente figura:

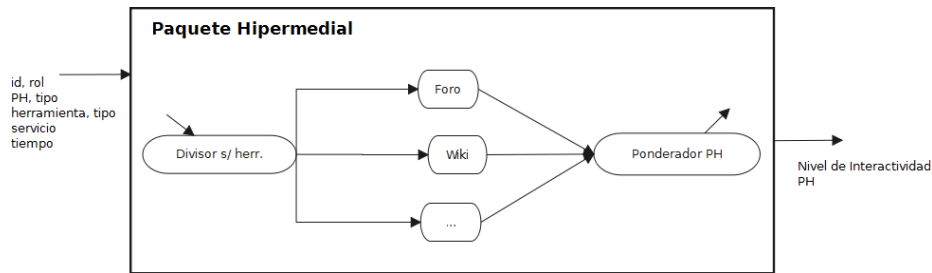


Fig. 1. Esquema de los módulos acoplados que se integran en un PH.

Y si pensamos que los Paquetes Hipermediales son los componentes conceptuales básicos del Dispositivo Hipermedial Dinámico debemos integrarlos para obtener el nivel total de interactividad de cada participación. La siguiente figura 2 nos muestra el esquema completo:

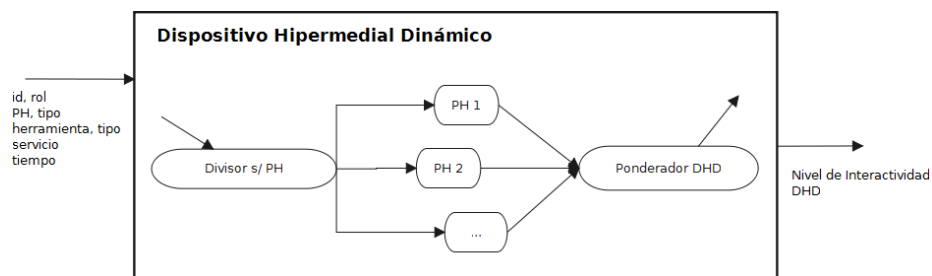


Fig. 2. Esquema de los módulos acoplados que se integran en un DHD.

De esta manera se desprende que la información necesaria en nuestro caso es función de las interacciones de los participantes, las cuales estarán definidas por: id

del participante, rol del mismo, Paquete Hipermedial sobre el cual participa, tipo de PH, herramienta sobre la cual realiza la interacción, tipo de herramienta, servicio con el cual interactúa y el tiempo, día y hora de la interacción.

La fase siguiente corresponde al diseño e implementación de la medición. Este módulo trata con la definición de las métricas que serán útiles para cuantificar los atributos, que en la etapa anterior se identificaron como parte de la especificación de requerimientos, y que son de especial interés en el proyecto, dado que constituyen las características que se medirán para el ente a evaluar, considerando la necesidad de información establecida. Es decir, el objetivo final de la evaluación, que en nuestro caso es el nivel de interactividad de la participación.

De ambas figuras 1 y 2 entendemos la necesidad de plantear tres niveles de métricas para el análisis de las interacciones en tiempo real, dado que nos encontramos con tres entidades diferentes: la herramienta, el ponderador de los PH y el ponderador del DHD.

Es fundamental comprender en el concepto de métrica, qué atributos se cuantifican y a qué entes los asociamos. Asimismo, es preciso identificar el tipo de valor que se obtiene, la unidad en la que se expresa y el tipo de escala que se usa, con el fin de poder realizar una apropiada interpretación y un análisis matemático y/o estadístico.

Siguiendo con las recomendaciones del modelo INCAMI con el propósito de obtener valores para los indicadores globales, debemos tener en cuenta un modelo de acumulación y criterios de decisión. El modelo de ponderación y acumulación (agrupamiento) persigue la confección de un proceso de evaluación bien estructurado, objetivo y comprensivo para los evaluadores (o la evaluación en sí misma). Al igual que en otros casos de estudio [9], se usaron pesos, modelos de puntuación multi-criterio (consenso) para designar y ajustar procesos. Un modelo de ponderación (o puntuación) multi-criterio (o por consenso) como LSP, por Logic Scoring of Preference [11], en conjunción con propiedades de sincronización, neutralidad, reemplazabilidad y otras relaciones usando el agregado de operaciones basadas en el modelo matemático de pesos.

El principal objetivo de la implementación de la evaluación global permite mayores niveles de flexibilización para los valores de los indicadores globales y parciales, a partir de los valores de indicadores elementales utilizando el modelo de agrupamiento obtenido para efectuar el cálculo. En este proceso, dichos valores deben ser acordados y consensuados por expertos con experiencia en el uso de este tipo de sistemas. A su vez mencionamos, que los valores numéricos indicados solo buscan mostrar un ejemplo de aplicación. Desarrollos posteriores posibilitarán el responsable de la evaluación pueda dar valor a los diversos coeficientes subrayando aquel atributo que considere más importante en el proceso. En cada caso, el valor resultado brinda una medida sobre el grado de interactividad de la participación.

Métrica de la herramienta

Se construye por un producto de cuatro coeficientes:

$$\text{Nivel de interactividad de la participación en la } H = C1 * C2 * C3 * C4$$

Esos cuatro coeficientes estarán en relación a:

Tipo de herramienta

De formato trasmisivo (ej.: links, recursos). $C1 = 1$

De formato interactivo (ej.: foros, wiki). $C1 = 2$
Tipo de servicio utilizado
 Crear. $C2 = 2$
 Consultar. $C2 = 1$
 Editar. $C2 = 2$
 Borrar. $C2 = 1$
Rol del participante
 Docentes. $C3 = 1$
 Alumnos. $C3 = 2$
Usuarios que utilizan la herramienta
 Uno o dos participantes. $C4 = 1$
 Tres o más participantes. $C4 = 2$

Métrica del ponderador del PH

Se construye por un producto de tres coeficientes:
Nivel Interactividad de la participación en el PH = $B1 * B2 * B3$
El valor de estos tres coeficientes serán:
Nivel Interactividad de la participación en la herramienta
 $B1 = C1 * C2 * C3 * C4$
Tiempo entre la última participación y la actual
 Si es menos de un día. $B2 = 3$
 Si es menos de una semana. $B2 = 2$
 Si es más de una semana. $B2 = 1$
Intercalación entre las herramientas utilizadas
 Si utiliza tres o más herramientas. $B3 = 3$
 Si utiliza dos. $B3 = 2$
 Si utiliza una. $B3 = 1$

Métrica del ponderador del DHD

La existencia de diversos tipos de PH (cursos y proyectos en entornos colaborativos, repositorios digitales, Redes Sociales, etc.), con diversas funcionalidades configuradas tanto en sus herramientas, como en sus servicios vinculados, nos habla de la necesidad de ponderar el valor obtenido de la métrica anterior, a fin de normalizar los valores de interactividad de la participación a nivel DHD.

De esta forma obtenemos:
Nivel Interactividad de la participación en el DHD = $A1 * A2$
El valor de estos dos coeficientes será:
Nivel Interactividad de la participación en el PH
 $A1 = B1 * B2 * B3$
Tipo de Paquete Hipermedial
 Si es un curso. $A2 = 1$
 Puedo tomar otros valores según el tipo de PH.

Finalmente, en la etapa de evaluación, estas métricas deben ser interpretadas a través de indicadores con el objetivo de evaluar o estimar el grado de conformidad que los requerimientos propuestos alcanzaron. Es en este momento cuando deben

seleccionarse los indicadores que interpretarán cada métrica que cuantifica a cada atributo correspondiente en el diseño de los requerimientos no funcionales. Los indicadores contienen también una escala y una función o algoritmo a través del cual será posible interpretar el valor de la métrica, con ayuda también de un criterio de decisión, que establecerá umbrales de aceptabilidad al valor obtenido.

3 Integración en el modelo DEVS

Continuando en la línea de la sección anterior, incorporamos las métricas en el modelo original DEVS, para potenciar el análisis de los procesos de educar, investigar, producir y gestionar, y posibilitar un posterior indicador para el cambio contextual de los participantes.

De manera general un modelo DEVS atómico queda definido por la siguiente estructura:

$$M = (X, Y, S, \delta_{int}, \delta_{ext}, \lambda, ta)$$

donde:

X es el conjunto de valores de eventos de entrada.

Y es el conjunto de valores de eventos de salida.

S es el conjunto de valores de estado.

δ_{int} , δ_{ext} , λ y ta son funciones que definen la dinámica del sistema.

En nuestro caso, el valor de ta , avance de tiempo, que señala el tiempo en que el sistema permanecerá en un estado determinado en ausencia de eventos de entrada, valdrá infinito. Por tanto, δ_{int} , la función de transición interna, que recalcula el valor de estado del sistema cuando transcurre el tiempo ta , no es necesario definirla.

Para el caso una herramienta genérica (Foro, Wiki, Blog, etc.):

X: conjunto constituido por las interacciones de los participantes y es un vector de ocho componentes que incluye: id del participante, rol del mismo, Paquete Hipermédial sobre el cual participa, tipo de PH, herramienta sobre la cual realiza la interacción, tipo de herramienta, servicio con el cual interactúa y el tiempo, día y hora de la interacción.

Y: conjunto de valores que incluye (vector de nueve componentes): el nivel de interactividad en la herramienta, más el vector anterior.

S: estará determinado por el conjunto de valores de niveles de interactividad a partir de la métrica utilizada por la función de transición externa.

δ_{ext} , función de transición externa: aquí es donde insertaremos la métrica para la herramienta expuesta en el apartado anterior.

λ , función de salida: nos devolverá el valor de estado del sistema, es decir el nivel de interactividad de la participación analizada.

En la figura 1 vemos que el PH integra los modelos atómicos de las herramientas y suma a su vez dos módulos atómicos adicionales. El primero que denominaremos divisor PH, será el encargado de redireccionar los eventos a cada herramienta particular. Y el ponderador PH, el cual nos dará el valor global de interactividad del PH a partir del grado de interactividad de cada herramienta y la ponderación.

Para el divisor PH:

X: conjunto de valores de las interacciones de los participantes determinadas por (ocho componentes): id del participante, rol del mismo, Paquete Hipermedial sobre el cual participa, tipo de PH, herramienta sobre la cual realiza la interacción, tipo de herramienta, servicio con el cual interactúa y el tiempo, día y hora de la interacción.

Y: será el mismo evento de entrada, es decir el vector de ocho componentes, pero por el puerto correspondiente a la herramienta solicitada.

S: corresponderá al valor de las componentes del vector del evento de entrada.

δ_{ext} , función de transición externa: tomará el valor del evento de entrada y a partir del valor del quinto componente definirá el puerto de salida.

λ , función de salida: devolverá el valor actual del estado del sistema, redireccionándolo por el puerto calculado en la función de transición externa.

Para el ponderador PH:

X: el conjunto de valores de entrada coincidirá con los valores de salida de la herramienta (nueve componentes): nivel de interactividad de la participación en H, id del participante, rol del mismo, Paquete Hipermedial sobre el cual participa, tipo de PH, herramienta sobre la cual realiza la interacción, tipo de herramienta, servicio con el cual interactúa y el tiempo, día y hora de la interacción.

Y: nos devolverá en un vector de diez componentes: el nivel de interacción de la participación en el PH, más el evento de entrada.

S: estará determinado por el conjunto de valores de niveles de interactividad a partir de la métrica utilizada por la función de transición externa.

δ_{ext} : tomará el valor del evento de entrada, nivel de interactividad de la herramienta y lo ponderará a partir de la métrica para el PH expuesta en el apartado anterior.

λ : devolverá el valor de estado calculado en la función de transición externa.

En la figura 2 vemos que el DHD integra los PH y suma a su vez dos módulos atómicos adicionales. El primero que denominaremos divisor DHD, será el encargado de redireccionar los eventos a cada PH perteneciente al DHD. Y el ponderador DHD, el cual nos dará el valor global de interactividad del DHD a partir del grado de interactividad de cada PH y la ponderación.

Para el divisor DHD:

X: conjunto de valores de las interacciones de los participantes determinadas por (ocho componentes): id del participante, rol del mismo, Paquete Hipermedial sobre el cual participa, tipo de PH, herramienta sobre la cual realiza la interacción, tipo de herramienta, servicio con el cual interactúa y el tiempo, día y hora de la interacción.

Y: será el mismo evento de entrada, es decir el vector de ocho componentes, pero por el puerto correspondiente al PH de interacción.

S: corresponderá al valor de las componentes del vector del evento de entrada.

δ_{ext} , función de transición externa: tomará el valor del evento de entrada y a partir del valor del tercer componente definirá el puerto de salida.

λ , función de salida: estará en función del valor actual del estado del sistema, redireccionándolo por el puerto calculado en la función de transición externa.

Para el ponderador DHD:

X: el conjunto de valores de entrada coincidirá con los valores de salida del PH (diez componentes): nivel de interactividad de la participación en el PH, nivel de

interactividad de la participación en H, id del participante, rol del mismo, Paquete Hipermedial sobre el cual participa, tipo de PH, herramienta sobre la cual realiza la interacción, tipo de herramienta, servicio con el cual interactúa y el tiempo, día y hora de la interacción.

Y: nos devolverá un vector de once componentes: nivel de interacción de la participación en el DHD, más el vector anterior.

S: estará determinado por el conjunto de valores de niveles de interactividad a partir de la métrica utilizada por la función de transición externa.

δ_{ext} : tomará el valor del evento de entrada, nivel de interactividad del PH y lo ponderará a partir de la métrica para el DHD expuesta en el apartado anterior.

λ : devolverá el valor de estado calculado en la función de transición externa.

4 Implementación en un caso de uso

Atendiendo a lo expuesto, seguidamente se implementan lo explicado en el entorno PowerDEVS [12]. El caso de uso fue desarrollado utilizando como punto de partida los Registros de Actividad de Moodle correspondientes a la implementación de una asignatura de grado del Campus Virtual de la UNR [13].

Cada métrica directa tiene asociado un método de medición claramente especificado. Las colecciones de datos son capturados desde la bases de datos (en este caso MySQL). Luego los datos son formateados según la necesidad explicitada en la sección anterior para posibilitar su lectura desde el entorno.

En la figura 3 comparamos los resultados obtenidos de Nivel de Interactividad para cada participación a través del tiempo, en los meses de Agosto/Septiembre (izquierda) y de Noviembre/Diciembre (derecha) para un curso seleccionado en el 2009.

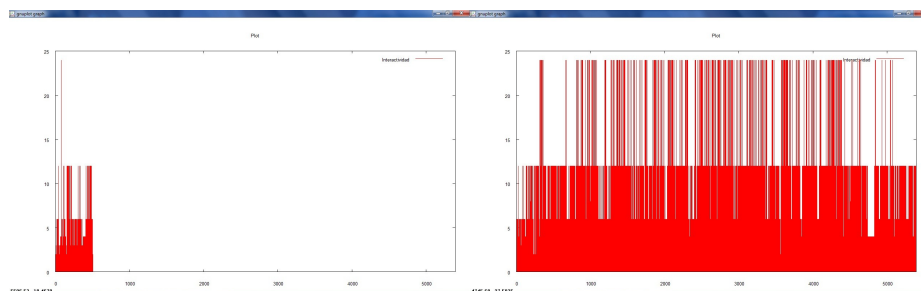


Fig. 3. Resultados obtenidos en el entorno PowerDEVS.

Cabe mencionar que los resultados obtenidos son los globales del DHD, pero que sin embargo se disponen a su vez, los valores parciales tanto a nivel Paquete Hipermedial, como a nivel Herramienta individual, (por cuestiones de espacio no mostramos aquí dichos gráficos). Los mismos se exportan a un archivo que relaciona el número de participación, con su nivel de interactividad. Podemos ver en la Figura 4, el seguimiento global del curso mostrando la cantidad de interacciones totales dividida en cada nivel para los meses de Agosto-Septiembre y luego para los meses de

Noviembre-Diciembre.

De esta manera podemos observar como se va construyendo la modalidad participativa del DHD a través del crecimiento global de las interacciones (de 505 a 5394), teniendo como valor agregado más allá de la cantidad, las distribuciones de las mismas. Se verifica entonces en los dos últimos meses un 88% de interacciones en niveles más participativos, en contraposición al 8% de agosto-setiembre.

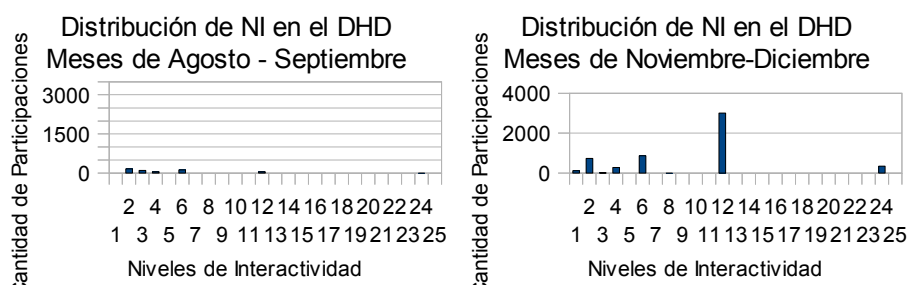


Fig. 4. Postproceso de los resultados.

Cabe mencionar que en el ejemplo presentado, los docentes propusieron estrategias didácticas específicas dentro del marco del Programa de Dispositivos Hipermediales Dinámicos que promovían la interactividad responsable para la construcción del conocimiento.

El resultado de este análisis podemos a su vez considerarlo una información de contexto, resignificando una característica del comportamiento de los participantes y atendiendo a la posibilidad de usar la información de interactividad como parámetro context-aware de los contratos [3]. Podremos entonces, establecer un lazo de retroalimentación entre las prácticas efectuadas en los entornos colaborativos, informadas en el Registro de Actividad y las acciones que devengan de los contratos.

5 Conclusiones

Fundamentados en el modelado sistémico del DHD, propusimos un primer desarrollo e implementación de métricas para el análisis completo de las interacciones a nivel Herramienta, a nivel Paquete Hipermedial y a nivel Dispositivo Hipermedial Dinámico. Este análisis tiene la versatilidad de estar directamente relacionado según los propósitos de importancia que determinen los docentes, investigadores y/o coordinadores del DHD. De esta manera, brindan información calificada y aportan un camino de análisis evaluativo en tiempo real sobre cómo se desarrollan procesos de participación responsable a través de redes sociotécnicas para educar, investigar, gestionar y producir en el actual contexto físico-virtual.

Actualmente nuestros esfuerzos se enfocan al desarrollo de una herramienta de evaluación de espacios físicos-virtuales, integrada y de código abierto, que otorgue mayor flexibilidad y dinamismo a los componentes que pueden configurar al DHD para la construcción y disseminación de conocimiento.

Referencias

1. Programa I+D+T “Dispositivos Hipermediales Dinámicos”, <http://www.mesadearena.edu.ar>
2. San Martín, P.; Sartorio, A.; Guarnieri, G.; Rodríguez, G.: Hacia la construcción de un dispositivo hipermedial dinámico. Educación e investigación para el campo audiovisual interactivo. Universidad Nacional de Quilmes Editorial, Buenos Aires (2008).
3. - Dey, A.K., Salber, D., Abowd, G.: A Conceptual Framework and a Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of Context-Aware Applications, anchor article of a special issue on Context-Aware Computing. *Human-Computer Interaction (HCI) Journal*, Vol. 16 (2-4), pp. 97-166. (2001).
- Sartorio, A.; Cristiá, M.: Primera aproximación al diseño e implementación de los DHD. XXXIV Congreso Latinoamericano de Informática, CLEI, (2008).
4. Rivera, M.B.; Molina, H.; Olsina, L. Sistema Colaborativo de Revisión para el soporte de información de contexto en el marco C-INCAMI, XIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, CACIC, (2007).
5. Gell-Mann, M.: El quark y el jaguar. Aventuras en lo simple y lo complejo. Tusquets, Barcelona (1995).
6. - Zeigler, B.; King, Tan Gon; Praehofer, H.: Theory of modeling and Simulation. Second edition, Academic Press, New York (2000).
- Zeigler, B.: Theory of modeling and Simulation. John Wiley & Sons, New York (1976).
7. Olsina L., Martín M.: Ontology for Software Metrics and Indicators, *Journal of Web Engineering*, Rinton Press, US, Vol 2 N° 4, pp. 262-281, ISSN 1540-9589.
8. Olsina L., Molina H; Papa F.: Organization-Oriented Measurement and Evaluation Framework for Software and Web Engineering Projects, *Lecture Notes in Computer Science of Springer*, LNCS 3579, Intl Congress on Web Engineering, (ICWE05), Sydney, Australia, July 2005.
9. Olsina, L., Rossi, G. Measuring Web Application Quality with WebQEM, *IEEE Multimedia*, 9(4), 2002, pp. 20-29.
10. San Martín, P.; Guarnieri, G.; Rodríguez, G.; Bongiovani, P.; Sartorio, A. El Dispositivo Hipermedial Dinámico Campus Virtual UNR, Secretaría de Tecnologías Educativas y de Gestión, UNR, Rosario (2010). Disponible en: <http://rephip.unr.edu.ar/handle/2133/1390>.
11. Dujmovic J., Bazucan A., A Quantitative Method for Software Evaluation and its Application in Evaluating Windowed Environments, San Francisco, Estados Unidos, IASTED Software Engineering Conference, San Francisco, (1997).
12. PowerDEVS 2.0 Integrated Tool for Edition and Simulation of Discrete Event Systems. Desarrollado por: Esteban Pagliero, Marcelo Lapadula, Federico Bergero. Dirigido por Ernesto Kofman. (<http://www.fceia.unr.edu.ar/lsd/powerdevs/index.html>).
13. Campus Virtual UNR, <http://www.campusvirtualunr.edu.ar>.