

Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura



Tesis Doctoral

LA TEORÍA DE LOS SISTEMAS COMPLEJOS

APLICADA AL MODELADO DEL

DISPOSITIVO HIPERMEDIAL DINÁMICO

Guillermo Luján Rodríguez

Directora: Dra. Patricia Silvana San Martín

Co-director: Dr. Juan Carlos Gómez

Miembros del Jurado: Dr. Oscar Pablo Di Liscia
Dr. Horacio Pascual Leone
Dra. Mabel Azucena Medina

Tesis presentada en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al título de:
Doctor en Ingeniería

Año 2011



El autor libera esta obra intelectual a través de la licencia Copyleft de Creative Commons.

Licencia Creative Commons - Atribución - No Comercial 2.5 Argentina.

Derecho de Autor © 2011, Guillermo Luján Rodríguez



Resumen

La presente tesis doctoral en ingeniería aborda la problemática del Dispositivo Hipermedial Dinámico (DHD) para educar, investigar, producir y/o gestionar, proponiendo para ello, un modelo sistémico completo. Se abordan las dimensiones sociales y tecnológicas del DHD, conceptualizando en primera instancia el marco teórico y metodológico de carácter interdisciplinario. Luego, se consideran los procesos interactivos como parte esencial constitutiva del DHD, aludiendo a diversos casos de uso, y enfocándose en las limitaciones encontradas que dan lugar a nuevos requerimientos de desarrollo tecnológico. En este sentido, se elabora un aporte significativo definiendo al DHD como sistema complejo. A partir de ello, se selecciona el formalismo DEVS (Discrete Event System specification) para el modelado y la simulación del DHD. Como parte del mismo se construye un primer desarrollo e implementación de métricas para el seguimiento y evaluación de la “Interactividad-DHD”, las cuales tienen la versatilidad de adaptarse a los propósitos que determinen los responsables del DHD. Los resultados obtenidos de las métricas a través de la simulación se utilizan como información de contexto en la pieza de software “contrato” para establecer un lazo de retroalimentación que permita flexibilizar y potenciar la interactividad del DHD. Por último, lo desarrollado se plasma de forma original en el diseño, desarrollo y primera implementación de la herramienta integrada y de código abierto para el Seguimiento y Evaluación de Procesos de Interactividad-DHD (SEPI-DHD), adaptada al entorno colaborativo SAKAI. Finalmente, se exponen las principales conclusiones sintetizando los aportes significativos y originales, tanto en los aspectos teóricos como de desarrollo tecnológico, que esta tesis brinda al campo de la educación, investigación, y producción colaborativa en el actual contexto físico-virtual. Se presentan también las distintas líneas de trabajo que se habilitan con respecto a la utilización de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la producción de conocimiento.

Abstract

This PhD thesis proposes a complete systemic model for the study of the Dynamic Hypermedial Device (DHD) used for educating, researching, producing, and managing. In first place, we present the DHD -with its social and technological dimensions- as an interdisciplinary concept. Secondly, we propose that the interactive processes are an essential constitutive part of the DHD, by referring to different use cases, and focusing on the limitations that demand new technology developments. Enhancing the theoretical and methodological background we describe the DHD as a complex system. Then, we select the DEVS (Discrete Event System specification) formalism for the modeling and simulation of the DHD. Next, we build an initial development and application of the metrics for the monitoring and evaluation of the “DHD Interactivity”, which are flexible enough to adapt to the requirements of the DHD’s administrators. The results obtained from those metrics, by the use of the simulation, operate as context information in the “contract” software to establish a feedback loop that allows empowering and customizing the DHD’s interactivity. Lastly, we present the design and development, of an integrated open source tool for the monitoring and evaluation of the interactivity processes on a DHD, combined with the collaborative learning environment SAKAI.

Finally, we portray the conclusions that summarize the more significant and original contributions of this thesis, in both theoretical and technological areas, to the fields of education, research, and collaborative production in the current physical-virtual spaces. We also lay the base for future works and researches related to the use of Information and Communication Technologies (ICT) for the generation of knowledge.

Agradecimientos

Al término de una labor de tan largo aliento, es bueno tener un corazón agradecido a aquellas personas que guiaron y apoyaron el trabajo. En primer lugar, debo expresar mi gratitud a mi directora, la Dra. Patricia San Martín, que me ha enseñado en estos años a trabajar de manera incansable, con generosidad y sin egoísmos personales, y con la esperanza de que es posible aportar para transformar las condiciones problemáticas que la realidad impone. En segundo lugar, a mi co-director, el Dr. Juan Carlos Gómez, por su seriedad y compromiso en el trabajo.

A un ejemplo de persona como es el Dr. Roberto Aquilano, porque de los diálogos con él surgió el germen de esta tesis. Al Dr. Oscar Traversa por escuchar siempre, por su interés y por sus reflexivos aportes.

A mis compañeros becarios: Alejandro Sartorio y Griselda Guarnieri, con los cuales caminamos cada día, imaginando y discutiendo los textos de nuestras tesis. A la Dra. Silvana Martino, recientemente sumada al equipo y que insiste con “poner el cuerpo”. A Federico Bujan que a pesar de la distancia física hemos compartido muchas ideas y trabajos. A todos los miembros del Grupo de Investigación que han colaborado de una u otra forma a la concreción de este texto.

Mi afecto a los amigos que siempre han estado cercanos, al Dr. Felipe Díaz, al Lic. Alejandro Yacono Esmendi por la incisividad de sus comentarios, a Diego Bulfoni y a tantos otros que simplemente están cuando los necesito.

A la Escuela de Ingeniería Mecánica de nuestra Facultad, en la persona de su Director el Ing. Roberto Mas. A tres grandes amigos: el Ing. Pedro Sismondi, el Lic. Luis Basaldella y el Lic. Gabriel Pidello con los cuales comparto día a día con gusto, el desafío de la docencia.

A mis padres, José y Mirta y a mi hermano Lisandro.

A mi esposa Marisol y a mi hijo Ignacio, motores reales de mi vida.

Indice General

Resumen.....	3
Abstract.....	4
Agradecimientos.....	5
Indice General.....	6
Indice de Figuras.....	9
Capítulo 1.....	11
Introducción.....	11
1.1. Presentación.....	11
1.2. Organización de la Tesis.....	14
1.3. Contribuciones Originales.....	16
1.4. Trabajos Relacionados y Relevancia de los Resultados.....	17
1.5. Publicaciones de Apoyo.....	19
Capítulo 2.....	22
Hacia el Dispositivo Hipermedial Dinámico.....	22
2.1. Introducción.....	22
2.2. Evolución de las Tecnologías de la Información y Comunicación.....	22
2.3. El e-learning: períodos y enfoques.....	25
2.4. Dispositivo Hipermedial Dinámico.....	29
2.5. Plataformas y entornos.....	35
2.6. Herramientas de la WEB 2.0.....	38
2.7. La Mesa de arena.....	40
2.8. A modo de síntesis.....	42
Capítulo 3.....	43
Del DHD al Sistema Complejo.....	43
3.1. La necesidad del abordaje interdisciplinario.....	43
3.2. Un trabajo conjunto.....	44
3.3. Las interacciones	48
3.4. Sistemas sensibles al contexto.....	51

3.5. Una tecnología común.....	53
3.6. Patrones estructurales.....	54
3.7. Arquitectura de Software para los DHD.....	57
3.8. Dos necesidades a responder.....	61
Capítulo 4.....	63
Modelo y métricas del DHD.....	63
4.1. Introducción.....	63
4.2. Hacia el modelado.....	64
4.3. Elección de un formalismo.....	66
4.4. Generalidades DEVS	67
4.5. Modelo descriptivo y construcción de métricas.....	69
4.6. Integración en el modelo DEVS.....	75
4.7. Simulación del DHD.....	79
Capítulo 5.....	82
Modelo de integración para la componente contrato.....	82
5.1. Hacia sistemas sensibles al contexto	82
5.2. La componente contrato.....	85
5.3. Implementación de la componente contrato y los Condicionales DEVS.....	90
5.4. Modelo conceptual de integración.....	94
5.5. Los aportes.....	96
Capítulo 6.....	98
Herramienta integrada SEPI-DHD.....	98
6.1. Una primera experiencia.....	98
6.2. Herramienta integrada.....	104
6.3. El proyecto SAKAI.....	105
6.4. El Servidor Mesa de Arena.....	107
6.5. Elementos para la integración.....	107
6.6. Modelo tecnológico de integración.....	110
6.7. Implementación en un caso de uso.....	112
6.8. Activación de las propiedades brindadas por los Condicionales DEVS.....	117

6.9. Las interacciones a nivel general.....	119
6.10. La propuesta experimental SEPI-DHD.....	122
Capítulo 7.....	123
Conclusiones.....	123
7.1. Aportes	123
7.2. Prospectiva.....	125
Anexos.....	127
A. Lista de abreviaturas.....	127
B.1. Pseudocódigo para la simulación en DEVS I.....	128
B.2. Pseudocódigo para la simulación en DEVS II.....	131
C. Referencia sobre la implementación tecnológica de SEPI-DHD.....	133
Referencias.....	141

Indice de Figuras

Fig. 1. Patrón estructural por capas.....	54
Fig. 2. Modelo UML del Paquete Hipermedial.....	65
Fig. 3. Modelo DEVS general.....	67
Fig. 4. Modelo descriptivo de los módulos acoplados que integran un PH.....	71
Fig. 5. Modelo descriptivo de los módulos acoplados que integran un DHD.....	71
Fig. 6. Implementación del Modelo DEVS del DHD en el entorno de simulación PowerDEVS.....	80
Fig. 7. Arquitectura conceptual de un Sistema Dinámico sensible al contexto.....	83
Fig. 8. El contrato como conector.....	85
Fig. 9. El contrato y sus relaciones.....	87
Fig. 10. Diagrama de relaciones entre los contratos y los Condicionales DEVS.....	91
Fig. 11. Clases utilizadas en la implementación de los Condicionales DEVS.....	93
Fig. 12. Modelo conceptual de integración.....	95
Fig. 13. Modelo DEVS de un PH de diez herramientas en el entorno PowerDEVS..	99
Fig. 14. Registro de actividad para el curso seleccionado.....	100
Fig. 15. Grado de interactividad del PH Agosto/Septiembre de 2009.....	101
Fig. 16. Grado de interactividad del PH Noviembre/Diciembre de 2009.....	102
Fig. 17. Pos-proceso de los resultados Agosto/Septiembre de 2009.....	102
Fig. 18. Pos-proceso de los resultados Noviembre/Diciembre de 2009.....	103
Fig. 19. Elementos necesarios para implementar SEPI-DHD.....	108
Fig. 20. Modelo tecnológico de integración para SEPI-DHD.....	111
Fig. 21. Inicio de la ejecución de SEPI-DHD.....	114
Fig. 22. Estructura para el acceso a la base de datos.....	115
Fig. 23. Ejecución del módulo DEVS por parte de SEPI-DHD.....	116
Fig. 24. Resultados obtenidos por SEPI-DHD para el año 2008.....	120
Fig. 25. Resultados obtenidos por SEPI-DHD para el año 2009.....	121
Fig. 26. Resultados obtenidos por SEPI-DHD para el año 2010.....	121

Fig. 27. Estructura del código de SEPI-DHD.....	133
Fig. 28. Detalle de las librerías utilizadas por SEPI-DHD.....	139
Fig. 29. Detalle de la estructura de navegación y páginas de estilo de SEPI-DHD.	140

Capítulo 1

Introducción

1.1. Presentación

La Sociedad de la Información y del Conocimiento se configura a partir de la presencia transversal de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), que se integran con un marcado crecimiento escalar, construyendo el actual contexto físico-virtual del siglo XXI. Estas tecnologías han posibilitado nuevas metodologías de trabajo para el desarrollo de procesos en campos educativos, de investigación, de producción, y en la gestión de instituciones u organizaciones en general, sustentados por una variedad y diversidad extensa de aplicaciones informáticas.

A los fines de la presente investigación, nos enfocaremos en dos propuestas de desarrollo de las TIC: las plataformas o entornos integrados y las herramientas características de la WEB 2.0.

Una plataforma o entorno, como sistema consiste básicamente en un paquete integrado de *software* alojado en un servidor, al cual se accede usando cualquier navegador de internet convencional, sin la necesidad de instalación de ningún programa en el propio ordenador. Estas plataformas incluyen diferentes herramientas para la comunicación y evaluación, y son capaces de realizar la integración de una red hipermedial, logrando optimizar y enriquecer la construcción de la experiencia de interacción participativa [1]. Dichos entornos ya han superado ampliamente el objetivo inicial de apoyo a la educación, registrándose variados usos para la investigación, el gobierno de instituciones y/o empresas, la gestión de vinculación tecnológica entre diversos organismos, repositorios de materiales y documentación, etc.

Las herramientas de la WEB 2.0 en cambio, no poseen aún una estructura integrada, sin embargo utilizan la misma arquitectura tecnológica orientada a servicios. Se pueden dividir según sus utilidades y usos, encontrando diferentes alternativas tanto de *software* libre como propietario, como por ejemplo:

Redes sociales: Facebook – Twitter – Bing – etc.

Buscadores: Google – Ning – etc.

Contenidos multimediales: Youtube – Videogoogle – etc.

Proveedores de foros, *blog* y *wiki*: Blogger – Pbwikis – BlogLines – etc.

Gestores de páginas Webs: Joomla – Page Creator – etc.

Cabe mencionar que actualmente existe una tendencia mundial hacia la integración de estas tecnologías y un mismo proveedor ofrece compatibilidades entre sus diversas herramientas salvaguardándose siempre la compatibilidad entre diversos proveedores [2].

Recientemente, desde una visión interdisciplinaria se ha propuesto un término más afín a la complejidad de estos procesos de interacción que se concretan en la integración de estas tecnologías: el Dispositivo Hipermedial Dinámico (DHD).

Se conceptualiza como Dispositivo Hipermedial Dinámico en un marco organizacional educativo, investigativo y de producción, a una red social mediada por las TIC -red sociotécnica- en el contexto físico-virtual, donde participan los sujetos enunciando sus discursos y acciones del saber en los órdenes ético-filosóficos, disciplinares y tecnológicos, indagando, aprendiendo, dialogando, confrontando, diseminando, realizando procesos de transformación sobre objetos, regulados según la necesidad y el caso, por una “coordinación de contratos” integrados a la modalidad del taller [3].

Cabe destacar entonces que un DHD no es solamente la tecnología, sino fundamentalmente la trama compleja de los individuos mediatizados por las TIC en un marco organizacional de participación responsable. Es decir, esta complejidad implica observar dinámicamente: los vínculos que se generan entre los sujetos intervinientes, la tecnología soporte, los contenidos disciplinares involucrados, y el marco

organizacional/institucional en función de la calidad de los procedimientos interactivos dentro de una ética de participación responsable [4].

La búsqueda de mayor flexibilidad en estas redes sociotécnicas y el aporte original de los contratos [5] como pieza de *software* que media entre el usuario y las herramientas, requieren de un análisis exhaustivo y abren a su vez perspectivas para la construcción de nuevas posibilidades de interacción dinámicas.

Dadas estas condiciones, el DHD puede ser considerado como un sistema complejo ya que está compuesto por un gran número de elementos que interactúan entre sí y que logran su funcionalidad global a través de las interacciones posibles, no encontrándose la misma funcionalidad si se observan solamente algunos elementos por separado. Es debido a esto que dicha funcionalidad se denomina “emergente”, dado que sólo se encuentra a nivel sistema [6]. Además, estos sistemas al evolucionar transforman su entorno, con lo que se modifican las condiciones y reglas de cambio. Esta retroalimentación funcional pone de manifiesto su necesidad de adaptabilidad.

El objetivo de esta tesis es modelar el Dispositivo Hipermedial Dinámico para el seguimiento de los complejos procesos de interacción que en él ocurren, y utilizar dicho modelo para el diseño e implementación de una herramienta flexible que integre métricas adecuadas para la evaluación de las participaciones.

La principal innovación radica en obtener un resultado cuali-cuantitativo que pueda retroalimentar la información de contexto de los usuarios en tiempo real. Los métodos existentes sólo presentan información estadística general de relativo valor. Aquí en cambio, las métricas implementadas son flexibles a los requerimientos de los responsables del proceso evaluativo.

En consecuencia, el modelo resultante posibilita un seguimiento detallado de las participaciones operantes en los procesos educativos, de investigación, de producción y de gestión. Este hecho brinda una valiosa posibilidad para efectuar cambios sustanciales de parte de los responsables, con la finalidad de optimizar la utilización de la tecnología y reflexionar a la vez sobre la calidad de los procesos mediatizados que se ponen en obra.

Por otro lado, estos nuevos resultados conllevan a obtener una información de contexto en tiempo continuo de los actores intervinientes por medio de la herramienta desarrollada según la necesidad del nuevo paradigma “contrato”, superando así las limitaciones de los modelos estándar con estructura fija.

1.2. Organización de la Tesis

Esta tesis está concebida como un trabajo que se desarrolla desde un enfoque interdisciplinario donde cada capítulo se va concatenando con los anteriores en función de una construcción que requirió del aporte de diferentes disciplinas.

Por esto, en lo que se refiere a los conceptos presentados, los mismos se amplían con nuevos significados a medida que se desarrolla el texto, y algunos son redefinidos para su utilización en las distintas secciones. De esta forma, el significado de cada concepto debe verse de acuerdo a la última definición efectuada.

Esta metodología de trabajo ha implicado un esfuerzo adicional de comprensión e integración, donde la suma de los diversos aportes de los investigadores pertenecientes al Programa de I+D+T “Dispositivos Hipermediales Dinámicos”, acreditado por la Universidad Nacional de Rosario (UNR) y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), radicado en el Centro Internacional Franco Argentino de Ciencias de la Información y de Sistemas (CIFASIS: CONICET-UNR-UPCAM) se han conjugado teórica y metodológicamente, haciendo posible la presente labor. Teniendo en cuenta lo expuesto, la tesis se organiza como sigue:

Este capítulo, después de brindar una introducción, explicita el orden general de la tesis, las contribuciones originales de la misma en relación a los principales resultados, y enumera una lista de las publicaciones de apoyo más relevantes.

El capítulo dos presenta un recorrido analítico, desde un marco general, sobre las Tecnologías de la Información y Comunicación hacia la construcción de una visión

conjunta del Dispositivo Hipermedial Dinámico. Se presenta una aproximación desde diversas disciplinas y un aporte original teórico de las características principales del DHD.

El capítulo tres comienza planteando la relación entre la noción de Dispositivo Hipermedial Dinámico y el comportamiento sistémico del mismo. Luego, se avanza con un análisis desde la teoría de los sistemas complejos, señalando elementos y relaciones del DHD en vinculación con las principales arquitecturas tecnológicas. En base a dicho estudio, el capítulo finaliza señalando dos necesidades fundamentales a responder, cuyas soluciones son desarrolladas en los capítulos siguientes.

El capítulo cuatro, está dedicado a la construcción de un modelo del Dispositivo Hipermedial Dinámico utilizando un formalismo de eventos discretos (DEVS: Discrete Event dynamic System). Luego, se desarrolla una estructura general de métricas, las cuales son integradas al modelo anterior.

El capítulo cinco, estudia tecnológicamente el agregado de una pieza de *software* para la inyección de propiedades de coordinación de contratos sensibles al contexto en el Dispositivo Hipermedial Dinámico. De esta forma, se define el denominado Condicional DEVS para la inclusión de valores de verdad que puedan ser inferidos por medio de la implementación del conjunto de métricas, que contemplan las principales características de las interacciones de los usuarios.

El capítulo seis, parte de la descripción de un primer caso de uso realizado de manera manual, paso a paso. Luego, se desarrolla el diseño e implementación del prototipo de una herramienta integrada para el Seguimiento y Evaluación de los Procesos de Interactividad-DHD (SEPI-DHD). Por último, se presentan varios resultados sobre el entorno colaborativo de investigación, desarrollo, e innovación de los miembros del Programa DHD.

Finalmente, el último capítulo está dedicado a las conclusiones generales y prospectiva de investigación.

1.3. Contribuciones Originales

Este trabajo de tesis expone diversos y variados resultados originales. La principal contribución es el desarrollo de un modelo integral del Dispositivo Hipermedial Dinámico, flexible a las diversas tecnologías implementadas en los procesos de enseñanza, investigación, producción y gestión en la actual Sociedad de la Información y del Conocimiento.

Los primeros trabajos originales son en torno a la selección de una teoría de modelado que contemplara la necesidad de la evaluación de las interacciones como eventos diferentes en una base de tiempo continuo. La selección del formalismo DEVS [7] [8] aporta una teoría específica que conjuga ambas necesidades.

A su vez, todo el trabajo sobre el desarrollo de métricas cuali-cuantitativas es también original. Sin embargo, cabe destacar que en este sentido, los criterios principales han sido desarrollados de manera conjunta con otros integrantes del equipo de investigación siguiendo el *framework*¹ INCAMI (Information Need, Concept model, Attribute, Metric and Indicator) [9].

Otra contribución es el diseño y programación de una herramienta integrada de código abierto para el entorno colaborativo SAKAI [10], actualmente utilizado en el servidor de producción e investigación del grupo dirigido por la Dra. Patricia San Martín [11]. Existiendo también perspectivas de ampliación para el sistema de gestión de cursos MOODLE [12], utilizado por el Campus Virtual de la Universidad Nacional de Rosario [13].

Esta herramienta resuelve las cuestiones prácticas relacionadas con la obtención de los datos de entrada, la ejecución del modelo antes desarrollado (integrando el *software* de modelado y simulación: PowerDEVS [14]), y el

¹ En el desarrollo de *software*, un *framework* es una estructura conceptual y tecnológica de soporte definida, normalmente con artefactos o módulos de *software* concretos, con base en la cual otro proyecto de *software* puede ser organizado y desarrollado. Puede incluir soporte de programas, bibliotecas y un lenguaje interpretado entre otros programas para ayudar a desarrollar y unir los diferentes componentes. Representa una arquitectura de *software* que modela las relaciones generales de las entidades del dominio proveyendo una estructura y una metodología de trabajo.

posproceso de los resultados a través de gráficas de seguimiento. En base a esto, es posible realizar el estudio teórico expresado en los casos de uso, algunos de los cuales se encuentran presentes en el capítulo seis.

Otra implementación original es la utilización de los resultados obtenidos por la aplicación anterior como nueva información de contexto que redundará en el empleo de la herramienta “contrato” a través de los Condicionales DEVS. En este sentido, se han sentado las bases de un modelo de integración en el *framework* tecnológico dentro de la arquitectura del entorno [15].

1.4. Trabajos Relacionados y Relevancia de los Resultados

Entre los trabajos que tienen relación con esta tesis, hay dos diferentes áreas de aporte constituyentes del cuerpo bibliográfico general.

Por una parte, están los trabajos del orden teórico metodológico que tienen relación al campo de la apropiación efectiva de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en procesos de educación, investigación, producción y gestión. Por otro lado, se encuentran los trabajos que, basados en métodos y formalismos de modelado, son aplicados a dichas tecnologías para realizar el seguimiento de los procesos de interacción y posibilitar posteriormente una mayor versatilidad de las mismas.

Con respecto al primer grupo, encontramos una gran cantidad de literatura sobre utilización de las TIC principalmente en el contexto de educación. Sin embargo, el enfoque planteado en el presente trabajo, para intentar abordar dichos problemas, da por resultado un número acotado de publicaciones relevantes.

Las primeras aproximaciones y definiciones contextualizadas se deben a la Dra. Patricia San Martín que integra en los años noventa el concepto del hipertexto [16], de lectura y escritura hipermedial con los escritos de I. Calvino [17] y una metáfora disparadora sobre el Libro de arena [18] para la descripción de internet. Integrado a esto, se presenta la perspectiva constructivista de L. Vitgosky [19], el constructivismo

contextualizado de J. A. Castorina [20], aportando la teoría metodológica de taller y la participación responsable y abierta en la construcción del conocimiento. En este sentido, la Dra. San Martín desarrolla de manera original la metáfora de la mesa de arena, reactualizando el trabajo de principios del siglo XX de educadoras de la República Argentina, pioneras en el enfoque de Escuela Activa en la provincia de Santa Fe. Léase las maestras Amanda Arias y las hermanas Cossettini [21].

Es interesante considerar los primeros trabajos que aportan a una nueva visión de construcción de ciudadanía a través de las tecnologías [22]. Mediante la superación de un enfoque meramente pragmático hacia una dimensión de reconstrucción de relaciones, dada a través de una propuesta de intervención concreta, se posibilita a la comunidad, desarrollar líneas de acción, integrando las TIC. De esta forma se abre la posibilidad a los ciudadanos de sentirse capaces y partícipes del diseño y puesta en obra de políticas que tiendan a la articulación de lo singular y lo colectivo, y a la responsabilización en la construcción de lo público como espacio integrador.

Es de referencia también, un trabajo de García [23] que involucra una aproximación interdisciplinaria a los sistemas complejos aplicados a sistemas sociales con un vasto recorrido de experiencias en las últimas décadas del siglo XX, y que constituye un marco epistemológico aunque no posee una aplicación concreta dentro del área de las TIC.

Un alto porcentaje de los trabajos revisados transmiten una impronta descriptiva del fenómeno, evidenciándose algunas falencias en cuanto a la profundización de posibles causas o a la inclusión y desarrollo de propuestas de seguimiento y mejora.

En lo que respecta al segundo grupo, los trabajos relacionados que apuntan al modelado del Dispositivo Hipermedial Dinámico, nos encontramos con un campo original donde no hay aún una masa crítica de publicaciones.

Existen en la actualidad diversos modelos implementados en el campo de las Ciencias Sociales [24] [25], pero aún no han sido aplicados al área de las TIC. Estos trabajos son de índole general y en la mayoría adolecen de implementaciones de campo.

Tampoco existe información relativa en torno a la construcción de métricas cualitativas que integren datos cuantitativos para el seguimiento de los procesos de interacción descriptos en este trabajo. Algunos trabajos intentan realizar análisis de datos [26] de manera holística o intuitiva, recortando el campo de acción a una parte limitada del sistema global. También existen *software* generales para el análisis cualitativo de datos [27] [28].

Por todo esto, los resultados de la presente tesis esperan ser beneficiosos para ambas áreas, aportando tanto teoría como metodologías originales.

1.5. Publicaciones de Apoyo

Gran parte de los resultados incluidos en esta tesis ya fueron publicados en libros prologados, revistas con referato, y/o en memorias de conferencias y congresos, mientras que existen actualmente algunos en prensa o revisión.

La primera colaboración fue el aporte teórico en la construcción de la noción de Dispositivo Hipermedial Dinámico, publicado en el libro:

“Hacia un Dispositivo Hipermedial Dinámico: Educación e investigación para el campo audiovisual interactivo”, Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, 2008. [29]

La autora del mismo es la Dra. Patricia San Martín y colaboradores, siendo el autor de la presente tesis coautor de dos capítulos. En los mismos se presenta un recorrido analítico sobre las principales plataformas *e-learning*, tanto de las de desarrollo propietario como de las de código abierto. Se plantean conclusiones de alto impacto académico, y se construye de manera interdisciplinaria dicho objeto de estudio. Esta publicación sustenta principalmente el capítulo dos y parte del tres del presente escrito.

El segundo paso fue el análisis de la relación entre la noción del DHD y los Sistemas Complejos. Dicho trabajo fue publicado en el Congreso Argentino de

Ciencias de la Computación (CACIC 2009), bajo el nombre:

“Aproximación al modelado del componente conceptual básico del Dispositivo Hipermedial Dinámico”, XV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, CACIC 2009, San Salvador de Jujuy, 2009. [30]

Actualmente se encuentra preseleccionado para su publicación en la Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología (TE&ET 2010).

Luego, dicho trabajo es extendido con la construcción del modelo global del Dispositivo Hipermedial Dinámico y se agregan los ejemplos de implementación en diversos casos de uso para su publicación en el libro:

“Dispositivo Hipermedial Dinámico: Campus Virtual UNR”, Campus Virtual Universidad Nacional de Rosario, Rosario, 2010. [31]

El trabajo de desarrollo de métricas fue publicado en las Jornadas Argentinas de Informática (JAIIO 2010) con el nombre:

“Desarrollo e implementación de métricas para el análisis de las interacciones del Dispositivo Hipermedial Dinámico”, Jornadas Argentinas de Informática, JAIIO 2010, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2010. [32]

Tanto en esta publicación como en la anterior se avanza y se explican casos de uso e implementación dentro del entorno PowerDEVs con un posproceso de los resultados realizados de forma manual. Estas publicaciones se encuentran presentes en el capítulo cuatro y seis.

La integración del modelo DEVs con las métricas flexibles fue aceptado y publicado en idioma inglés, en el Journal of Computer Science and Technology (JSCT 2010) como artículo completo:

“Approximation to the Dynamic Hypermedial Device modeling for the analysis of interactions”, Journal of Computer Science and Technology, Vol.10 - No.3, La Plata, 2010. [33]

La integración al *framework* del entorno colaborativo SAKAI del modelo DEVS con las métricas como Condicionales DEVS para la herramienta contratos, fue recientemente aceptado para el Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2010), junto a otro trabajo que presenta las especificaciones de la herramienta SEPI-DHD. Lo central de ambas publicaciones son la base de los capítulos cinco y seis:

“Condicionales DEVS en la coordinación de contratos sensibles al contexto para los DHD”, XVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, CACIC 2010, Morón, 2010. [34]

“SEPI: una herramienta para el Seguimiento y Evaluación de Procesos Interactivos del DHD”, XVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, CACIC 2010, Morón, 2010. [35]

Por último, cabe mencionar que fue otorgado el *copyright* de parte de la herramienta implementada en el capítulo seis, junto con otros desarrollos que aportan a la mayor flexibilidad y adaptabilidad de las tecnologías que configuran al DHD.

Hacia el Dispositivo Hipermedial Dinámico

2.1. Introducción

Los desarrollos tecnológicos y la fluidez de transmisión de la información han llevado a que con frecuencia se denomine a nuestra sociedad como “la Sociedad de la Información y del Conocimiento”.

Como se expresó en el capítulo uno, los cambios suscitados por la integración de TIC se pueden observar en todos los niveles de la educación formal, especialmente en los niveles superiores, así como también en la formación profesional y técnica.

En el marco de la presente investigación, se caracterizaron aspectos generales y contextuales de la evolución de las TIC, su integración en las denominadas plataformas *e-learning*, y las actuales tendencias de uso de herramientas de la denominada WEB 2.0. Todo lo anterior ha posibilitado una construcción más integrada de la noción de Dispositivo Hipermedial Dinámico.

2.2. Evolución de las Tecnologías de la Información y Comunicación

El final del siglo XX y los inicios del XXI han estado marcados por la revolución de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) que han irrumpido en la era industrial provocando un cambio de paradigma hacia la sociedad de la información y del conocimiento. Daniel Bell la define como sociedad de la información

[36], ya que es la información la principal materia prima en el nuevo modo de producción. La información se introduce en la sociedad como una red fina y como infraestructura básica, modificándolo todo, la producción, el trabajo, el estilo de vida y la educación.

Entre los primeros pensadores de la idea de la sociedad de la información se encuentra Alvin Toffler, quien describió el cambio por el cual pasaría la sociedad moderna, abandonando la visión de la fábrica, de la producción en serie, para comenzar a usar nuevas técnicas, nuevos tipos de energía, nuevas formas y fuerzas de producción. Esta revolución a la que hace mención Toffler [37], ha llevado el cambio de la sociedad industrial a la actual sociedad de la información, la cual es posible por el desarrollo de las tecnologías de la telecomunicación y la tecnología informática, que presenta un constante desarrollo desde mediados del siglo XX. La sociedad de la información consiste en un conjunto de transformaciones económicas y sociales, caracterizada por la introducción generalizada de las TIC en todos los ámbitos de nuestras vidas.

La metáfora de las “olas” mencionada por Toffler, ya hace casi 30 años, no deja de ser interesante para referir a la transformación de modos de hacer y pensar que alcanzan niveles globales. En la actualidad, ya se habla de una cuarta y quinta ola, destacándose la rápida evolución, velocidad, y continuidad con que se generan estos cambios.

Según Silva [38] hay que vincular el concepto de sociedad de la información con el de cibercultura, y considera que hoy pueden ser utilizados como sinónimos. En este sentido, se basa en la definición de cibercultura de Levy [39], quien la considera como el conjunto de técnicas, de prácticas, de actitudes, de modos de pensamiento y de valores que se desarrollan junto con el crecimiento del ciberespacio. El ciberespacio quiere decir “nuevo medio de comunicación que surge con la interconexión mundial de ordenadores”. Se trata del principal “canal de comunicación y soporte de memoria de la humanidad a partir del inicio del siglo XXI”.

Así el Ciberespacio significa “una ruptura paradigmática con el reinado de los medios de comunicación de masas basados en la transmisión, el ciberespacio

permite al sujeto la comunicación personalizada, operativa y en colaboración en la red hipertextual” [40] y asimismo agrega, el ciberespacio es el “hipertexto mundial interactivo, donde cada uno puede agregar, retirar y modificar partes de esa estructura telemática; se trata de un texto vivo, de un organismo autoorganizador”.

Aquí, no se pretende realizar un detalle pormenorizado de dichos cambios, sino sólo reflexionar sobre el impacto que los mismos tienen en el ámbito educativo, científico y de gestión, y su vinculación con las tecnologías.

En un mundo globalizado y digitalizado, es necesario repensar la situación y las posibilidades con las que se cuenta en los contextos actuales. La sociedad de la información, las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, plantean dispositivos innovadores.

Existe una variedad de tecnologías emergentes que se están utilizando ya en gran cantidad de organizaciones: sistemas de bases de datos, dispositivos de aprendizaje, sistemas de gestión de cursos (CMS: Course Management System), entornos virtuales de aprendizaje (VLE: Virtual Learning Environment), sistemas de gestión de aprendizaje (LMS: Learning Management System), entornos colaborativos de aprendizaje (CLE: Collaboration and Learning Environment) y las herramientas ya citadas de la conocida WEB 2.0.

Se considera que la sociedad de la información y del conocimiento le imprime una mayor versatilidad a la indagación y a la toma de decisiones, tanto en el ámbito educativo formal y no formal, como en el ámbito de la investigación científica y de la gestión de instituciones. Además existe mayor transparencia y acceso a los procedimientos en el ámbito de la administración pública y privada. Así mismo, Internet posibilita la transparencia y visibilidad no sólo de lo público sino también de la vida privada, lo cual hoy genera profundos interrogantes sobre los modos de construcción de la subjetividad.

2.3. El e-learning: períodos y enfoques

A modo general se aclara que el *e-learning*, cuya traducción literal sería “aprendizaje por medios electrónicos”, ha resultado un modo de desarrollar el proceso de enseñanza y aprendizaje, distribuir información, producir conocimiento y lograr la gestión en las organizaciones. Dicha transmisión se efectúa a través de la red global internet. También se puede tomar como definición simple del *e-learning* todo aquello que se ofrece, se instrumenta o se transmite electrónicamente a los fines del aprendizaje. Las plataformas *e-learning* se han desarrollado en su primer momento en función de responder a requerimientos y crear ambientes donde se encuentren los servicios y la tecnología necesaria para generar procesos de enseñanza y aprendizaje. A través de los mismos se buscó organizar y acceder a información, y estimular la interacción entre los usuarios.

Sin embargo, en estos años la problemática del *e-learning* se ha complejizado considerablemente y los términos resultan equívocos. Sumado a esto existe una gran cantidad de aplicaciones que han superado el hecho solamente de enseñar y de aprender.

San Martín [41] nos habla que esta nueva dimensión presencial, hábitat mediado por las TIC, se configura en un contexto *físico-virtual-interactivo-comunicacional* donde las tradicionales concepciones de modalidades de educación presencial, educación a distancia, *e-learning*, *blended learning*, teleformación, etc., son fragmentarias e insuficientes para dar cuenta a nivel teórico de la complejidad que esto plantea con respecto a la posibilidad de elaborar otras representaciones y valoraciones.

Por tanto, se destaca la importancia de considerar las diferencias y alcances de los diversos objetos tecnológicos y aplicaciones informáticas. Así, demostrar a su vez la complejidad teórica que hoy plantean las mediaciones a través del actual contexto físico-virtual, con el fin de sostener una terminología adecuada.

La historia particular del *e-learning* siguen los cuatro períodos propuestos por Barrientos Parra y Villaseñor Sánchez [42]:

1) Era de la capacitación orientada en el instructor (previo a 1983)

Antes de que las computadoras fuesen ampliamente usadas, el método más empleado era la capacitación presencial dada por el instructor. Esto permitía a los estudiantes salirse de sus ambientes laborales para trasladarse e interactuar con el instructor y sus compañeros. Sin embargo, esto significaba costes y bajas durante horarios laborales, haciendo que los proveedores de educación estuviesen constantemente buscando una mejor forma de capacitación. También existía el envío de material por correspondencia postal, que a su vez ofrecía, inicialmente vía correo y luego vía telefónica, asistencia por tutorías. Aunque, se consideraba que esto era para aquellas personas que residían en zonas muy alejadas o con problemas físicos.

2) Era de la Multimedia (1984-1993)

A partir de la década del 80, comienzan a ser frecuentes las aplicaciones multimedia debido a los desarrollos alcanzados en los aspectos de *hardware* de los sistemas informáticos. Los avances tecnológicos de este período se materializan por medios informáticos como: el programa Windows, los equipos Macintosh, CD-ROM, etc. En un intento por hacer más transportables y visualmente atractivos los cursos basados en computadora, éstos fueron entregados vía CD-ROM. La disponibilidad en cualquier momento y en cualquier lugar proporcionó ahorros en tiempo y costos, que la anterior era no podía proporcionar, lo cual ayudó a reformar la industria de la capacitación. A pesar de estos beneficios, los cursos en CD-ROM presentaron fallos en la interacción con el docente y en sus presentaciones dinámicas, haciendo las experiencias lentas y menos atractivas para los estudiantes.

Sin embargo, el incremento en la demanda de formación continua no logró ser satisfecho por las modalidades tradicionales de enseñanza. De este modo, se potenció la Educación a Distancia como una de las modalidades alternativas para superar las limitaciones del aula tradicional. Se puede

observar el aumento de la oferta en educación a distancia y virtual a partir de estos años en el mundo y también en América latina.

3) Los comienzos del *e-learning* (1994-1999)

Al evolucionar la Web, los proveedores de capacitación empezaron a explorar cómo estas nuevas tecnologías podrían mejorar la capacitación. El advenimiento del correo electrónico, *Web browsers*, documentos digitales, *media players*, audio/vídeo en soporte electrónico, comenzaron a cambiar la cara de la capacitación multimedial. La tutoría vía correo electrónico, intranet, con textos y gráficos simples, y la capacitación basada en la Web, empezaron a emerger.

4) La consolidación del *e-learning* (2000-2005)

Avances tecnológicos, incluyendo la aplicación de red Java/IP, el acceso a mayores anchos de banda y los diseños avanzados de sitios Web, están revolucionando la industria educativa.

Si bien estos autores analizan la evolución hasta el año 2005, se puede constatar como han seguido evolucionando los sistemas vinculados al *e-learning* en múltiples direcciones, a través de mejores y más completos servicios informáticos, herramientas integradas y de gran potencial interactivo, etc. A su vez, en todos los campos sociales, se encuentran avances a nivel teórico y práctico en la incorporación de estas tecnologías, pensando nuevos aportes y desarrollos.

Asimismo, esta evolución dada por la incorporación de las mencionadas tecnologías a nivel de sistemas e instituciones es acompañada por diversos enfoques paradigmáticos. Los mismos son planteados por San Martín y sus colaboradores [43] a partir del análisis de numerosas publicaciones que tratan sobre los procesos de enseñanza y de aprendizaje mediados a través de las TIC y que permiten justificar los cambios en las nociones que se utilizan.

San Martín sostiene que existe consenso sobre la caracterización de tres macro

perspectivas presentes en el “campo del *e-learning*” como posicionamiento teórico.

En primer lugar, el enfoque instrumental-tecnológico, manifiesto especialmente al inicio del *e-learning* pero aún en vigencia. Este enfoque se basa en la alta complejidad del sistema informático, el cual constituye el gran soporte y asegura la calidad del proceso “enseñanza-aprendizaje”. Este enfoque supone, desde lo pedagógico, un proceso de enseñanza-aprendizaje de relación directa y unívoca, tipo causa-efecto, por lo que si hay enseñanza, hay aprendizaje. De este modo, el objeto desarrollado técnicamente, a pesar de los errores que puedan cometer los docentes, brinda la infraestructura “correcta” para el aprendizaje y asegura la “mejor solución” para obtener calidad educativa, constituyendo un artefacto “ideal” de enseñanza. Ejemplos de este enfoque son en la actualidad algunos desarrollos de Sistemas Expertos y Sistemas Tutoriales Inteligentes para *e-learning*.

Una segunda perspectiva se basa en aspectos tradicionales de la educación a distancia, centrados en el desarrollo de materiales educativos diseñados a partir de la selección y secuenciación de contenidos y actividades con alto grado de autonomía. De este modo se busca asegurar la validez y excelencia del proceso educativo. Esta visión de los materiales educativos como protagonistas del proceso se fundamenta en que los materiales educativos diseñados por expertos calificados, normalizados, secuenciados y específicos son autosuficientes como medios para la representación del conocimiento generando procesos de autoinstrucción, pudiéndose prescindir de plataformas sofisticadas.

Esta concepción del *e-learning* se puede observar en cursos donde la figura del profesor es reemplazada por la de un tutor, cuya función es prácticamente la de soporte técnico, sin mayor responsabilidad en el proceso de enseñanza. Desde esta perspectiva se observa que también se centra en la relación causa-efecto, donde el mejor material aseguraría el aprendizaje, sin considerar otras variables importantes del proceso. A la vez que argumenta que la gran mayoría no tiene acceso a los soportes informáticos, debido a la falta de infraestructura de tecnologías de la información en los países en desarrollo. Según San Martín, este enfoque se encuentra en vigencia para aquellos que cuentan con acceso y medios suficientes

para realizar cursos *e-learning*, ya que existen empresas que proveen el servicio educativo y normalizan el mismo según los estándares requeridos, supliendo la inexperiencia de producción de contenidos hipermediales del cuerpo docente y el déficit de conocimientos en el campo del *e-learning*. De este modo se produce una “tercerización educativa” y se deja fuera del contexto institucional, el diseño e implementación del proceso de enseñanza. Esto conduce a cuestionarse sobre cuál es el rol del educador, la singularidad de los sujetos que aprenden y los vínculos intersubjetivos y organizacionales que se producen.

Finalmente, el tercer enfoque busca reconocer las diversas dimensiones y variables que implica el acto educativo mediado por un Dispositivo Hipermedial Dinámico, el cual apunta al cuidado de las múltiples interacciones, manifestada esencialmente a través de los vínculos entre los sujetos involucrados, sus singularidades, la organización, las estrategias de participación, de enseñanza y de aprendizaje, los contenidos a comunicar, la tecnología soporte. Este enfoque propone un salto cualitativo con respecto a la preponderancia sólo en la tecnología informática o en los contenidos a comunicar, y de ese modo es necesario pasar a considerar el uso del término Dispositivo Hipermedial Dinámico para observar en profundidad la complejidad de los procesos de educación, investigación, producción y gestión mediados por las TIC en el actual contexto físico-virtual.

2.4. Dispositivo Hipermedial Dinámico

Definir la noción de Dispositivo Hipermedial Dinámico permite poner de manifiesto la complejidad de los sistemas estudiados tanto en relación a lo técnico como al vínculo relacional que posibilita que se establezca.

Para indagar sobre esto, se remite inicialmente a la definición de dispositivo que enunció Foucault [44]: “un conjunto resueltamente heterogéneo de elementos que incluye discursos, instituciones, instalaciones arquitectónicas, decisiones reglamentarias, leyes, medidas administrativas, enunciados científicos, proposiciones

filosóficas, morales, filantrópicas, brevemente, lo dicho y también lo no dicho, éstos son los elementos del dispositivo. El dispositivo es la red que se establece entre estos elementos.”

En este sentido, el dispositivo es lo que permite poner en relación todos los componentes que conforman o tejen la red en una organización o comunidad de práctica.

De este modo, se evidencia que la utilización o la relación del hombre con la tecnología es una relación social, donde las relaciones intersubjetivas se tensionan atravesadas por dimensiones constitutivas de la cultura. Por este motivo, el concepto de dispositivo, constituye una noción clave para dar cuenta de estas relaciones. Así la definición que propone Foucault refiere a la naturaleza del vínculo que se establece a partir del dispositivo, y designa a “todas aquellas instancias no-discursivas en un sentido lexical y textual, que no pueden ser analizadas ni investigadas a partir de una episteme o de un mero análisis discursivo” [45]. De este modo, el dispositivo puede ser referido al concepto de mecanismo como funcionamiento regular y al de aparato como mediación instrumental que hace posible una práctica dialógica.

Asimismo, con el fin de reconocer la influencia presente en la construcción del término “dispositivo” que aquí se utiliza, y ya que el mismo tiene una aplicación extensa en diversas disciplinas [46], se aclara que, dado el recorrido académico orientado a las ciencias de la educación, el dispositivo es considerado inicialmente desde una visión pedagógica. En tal sentido es tomado por algunos autores como un recurso o medio facilitador para la intervención en procesos de enseñanza. Según Souto [47] el dispositivo es lo que permite que cada uno realice un trayecto en un espacio compartido, y que al mismo tiempo, facilite la organización de los diversos aprendizajes. De este modo, un dispositivo pedagógico-didáctico puede ser tanto una estrategia como un espacio áulico adecuado.

Retomando a Foucault se destaca la dimensión social que conlleva la utilización de un dispositivo en el marco del proceso de enseñanza y aprendizaje, considerando los elementos ya mencionados en la misma definición.

Luego, dado el interés por la incorporación de las tecnologías en el ámbito

educativo, se amplió esta noción de dispositivo, bajo la influencia de la informática y con una visión ingenieril, para referir a la máquina en sí, al medio técnico electrónico, lo llamado *hardware*. Luego, en este campo disciplinar se comenzó a considerar al *software* como dispositivo, pero siempre conservando una visión instrumental.

De este modo, la construcción conceptual de Dispositivo Hipermedial Dinámico (DHD) toma desde lo social la perspectiva de Foucault, que en este caso integra las TIC con sus posibilidades de reconfiguración (sistemas flexibles) y por el otro, los trayectos pedagógicos didácticos asociados a la modalidad participativa de taller, lo cual resulta una visión apropiada para el estudio de los procesos de aprendizaje, investigación, producción y gestión, mediados por las tecnologías en el actual contexto físico-virtual.

Como dinámica de intercambio colaborativo, la modalidad de taller físico-virtual permite un ámbito de aplicación donde el conocimiento se construye participativamente tensionando con otros y con uno mismo en la propia interrogación. Planteamos esta metodología de trabajo como imprescindible para la construcción de un contexto social y productivo físico-virtual, inclusivo y democrático.

A partir de este planteo, se observa como la construcción del concepto Dispositivo Hipermedial Dinámico se ha contextualizado. Como se mencionó en párrafos anteriores, la noción de dispositivo tiene una aplicación extensa [48]: “En algunos contextos la noción de dispositivo se acerca a lo tangible, que resulta de una manipulación instrumental; en otros a fenómenos configuracionales, resultado de relaciones que se establecen entre procesos; en otros, lo que puede describirse con ese término se similariza con alguna de esas alternativas, pero no recibe la designación de dispositivo”. Esta complejización se refiere, por un lado, a cuestiones concretas, palpables y por otro a cuestiones vinculadas al diseño de condiciones posibilitadoras para alcanzar un objetivo, que suponen un alto nivel de abstracción.

Tanto el aspecto instrumental del dispositivo como los fenómenos configuracionales resultan necesarios para contextos complejos. De este modo, considerar sólo el primero no es suficiente ya que “el solo recurso a la técnica no basta para examinar las cuestiones atinentes a la producción de sentido” [49], lo

cual resulta comprobable fácilmente ya que la aplicación de una misma técnica en contextos y con actores diversos genera producciones diferentes.

Ambos aspectos, lo social -relaciones intersubjetivas y su contexto situacional- y la técnica -configuración material particular- posibilitan entonces, la construcción del Dispositivo Hipermedial Dinámico. Constituyendo, de este modo, la red participativa de la organización que se encuentra en constante transformación, donde los objetos tecnológicos se ajustan según las intervenciones de los sujetos (acciones y discursos) y los requerimientos del contexto que éstos manifiesten. Este dispositivo debe hacer posible ese vínculo entre sujetos.

Más allá de la referencia a las nuevas tecnologías antes citadas, se debe reconocer que es a partir del siglo XX, y con las posibilidades de interactividad que ofrecen los medios comunicacionales basados en procesos de relación entre la persona y la tecnología, es que se encuentran los hiperdispositivos.

Dado que el presente estudio necesita como punto de partida delimitar la noción del DHD, no se puede dejar de mencionar cómo éstos permiten configurar lo que se ha dado en llamar hiperdispositivo, el cual se configura como parte de un sistema interactivo abierto que incluye un conjunto de tecnologías hipermediales.

Actualmente, de las herramientas que caracterizan estos hiperdispositivos existen computadoras multimedias conectadas con teléfonos móviles, cámaras digitales, pantallas gigantes, y otras herramientas de comunicación o de la WEB 2.0, que permiten vincularse estableciendo redes sociales o comunidades y que pueden ser incorporadas a los procesos de educación, investigación, producción y gestión.

Estos procesos actualmente no sólo deben ser vinculados a dispositivos tecnológicos tradicionales basados en “modo de transmisión” como el cine y la televisión, sino también a hiperdispositivos que implican una complejización de los mismos a partir de la inclusión de segmentos conversacionales e interactividad [50].

El “modo interactivo” del hiperdispositivo puede hacer que ya no exista un único sujeto de la enunciación, sino que sea un colectivo en forma de red interactuante que participe del proceso comunicativo. Esta complejización y la potencialidad del modo interactivo es lo que permite pensar en los hiperdispositivos como medios para el

desarrollo de procesos de interacción en las comunidades de práctica de las organizaciones.

Dado que en el presente trabajo se califica al dispositivo como "hipermedial", se debe aclarar cómo y por qué se ponen en relación estos dos conceptos. Cuando se une el concepto de hipermedial con dispositivo, no nos referimos solamente a la técnica ni al medio que lo posibilita, sino a un cierto funcionamiento de lo hipermedial que resulta el modo para desplazarse en el medio. Aquí nos encontramos en la composición del paquete textual tres componentes claves fuertemente vinculadas a lo múltiple: las posibilidades de conformar, secuenciar y transformar dichos paquetes a partir del modo interactivo.

Por lo tanto, la implementación de estos dispositivos no se realiza bajo cualquier medio y contexto, sino que se pretende observarlos en un modo particular de uso, bajo una modalidad específica, y esto se relaciona con el potencial interactivo que brindan los medios virtuales para una construcción colaborativa. De este modo, se presenta un sistema de andamiajes en permanente movimiento, que genera nuevos textos, a partir de un doble mecanismo: un abanico de posibilidades por un lado, y una acción, del otro.

Cabe aclarar una distinción entre hipermedial como composición integrada por textos diversos en distintos lenguajes y soportes tecnológicos, que toma en cuenta sus posibles convergencias y divergencias como factores morfológicos expresivos, informativos y comunicacionales, y multimedial que implicaría un conjunto de medios electrónicos [51].

De este modo, si el funcionamiento hipermedial de estos dispositivos se configura a partir de una composición integrada de texto se lo puede vincular con lo que se ha denominado: hipertexto. El hipertexto se identifica como un fenómeno esencialmente virtual, dinámico, interactivo, desprovisto de un centro, intuitivo, ya que cada uno puede trazar el camino que desea, fragmentado y principalmente no secuencial. En un sistema con características secuenciales para ir del punto "A" al "E" hay que pasar indefectiblemente por "B", "C" y "D", en el hipertexto no se da esta lógica, se puede omitir pasar por estos puntos, así como se puede adjuntar

información relevante. Entonces, no hay recorridos obligados.

Si bien el ejercicio de la hipertextualidad, o sea de hacer efectivo un nuevo ritmo de lectura, fragmentado y sin demarcaciones fijas, se identifica con el fenómeno virtual, constituye un ejercicio ya utilizado. La literatura del siglo XX registra un número destacado de obras y autores relevantes que han ensayado recorridos hipertextuales en la composición literaria posibilitando al lector múltiples direcciones en la narrativa, interrupciones, interrogaciones, involucrándolo activamente en la construcción textual.

Retomando la presencia de lo virtual en nuestra sociedad generada a partir de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), se puede observar como estas modifican la concepción tradicional del ambiente de aprendizaje, de investigación, de producción y de gestión integrándose a estos.

“La problemática reside en que la presencia física convive con la presencia virtual, disolviéndose la distancia geográfica (sincronía espacial) y la dilación temporal. El concepto de lo presencial circunscripto a la proximidad de los cuerpos sufre una interrogación profunda ante las posibilidades interactivas y comunicacionales que plantean las TIC, desde mediados del siglo XX” [52].

Las perspectivas actuales coinciden en que dichos ambientes no se circunscriben a áreas formales, ni tampoco a una modalidad particular, se trata de aquellos espacios en donde se crean las condiciones para que el sujeto construya nuevos conocimientos, integre experiencias variadas que le posibiliten procesos de análisis, reflexión y creación. Lo virtual se expresa solamente en el sentido de la mediatización, y el elemento distancia se refiere exclusiva a la no presencialidad física (presencial-virtual).

Finalmente, también es importante considerar el dinamismo en que está inmerso este dispositivo hipermedial, ya que el devenir del desarrollo tecnológico lo configura dentro de un proceso de cambio continuo a nivel de artefactos y de posibles combinatorias textuales y contextuales, donde lo producido se construye y reconstruye permanentemente.

A fin de sintetizar todo lo expuesto, podemos decir que:

Un DHD es una red social mediada por las TIC en un nuevo contexto de presencialidad físico-virtual, donde los sujetos investigan, enseñan, aprenden, dialogan, confrontan, diseminan, evalúan, producen y realizan responsablemente procesos de transformación sobre objetos integrados a la modalidad participativa del taller.

2.5. Plataformas y entornos

Dado que este trabajo de investigación se inicia en el año 2006 toma como punto de partida las plataformas de *e-learning*, por tanto a continuación se desarrolla su significado y alcance. Sin embargo, se debe aclarar que en el marco del trayecto realizado, este término se convirtió en sólo uno de los posibles objetos de tecnología informática comunicacional que integra al DHD, configurándose como un posible componente del sistema complejo [53].

Dentro del campo de las tecnologías *e-learning*, el concepto de plataforma *e-learning* se refiere en general, a un conjunto de herramientas que combina *hardware* y *software* para ofrecer prestaciones en contextos de formación mediados por una red informacional. Estas tecnologías permiten que se implementen procesos de interacción y, como objetos tecnológicos, constituyen un paquete integrado de *software* alojado en un servidor al cual se accede desde los navegadores de internet convencionales, sin que el usuario deba instalar en su computadora ningún programa. Las mismas incluyen variadas herramientas para la comunicación y evaluación, posibilitando la conformación de una red hipermedial para la construcción de la experiencia pedagógica a través de Internet o de una intranet [54].

Estos sistemas informáticos constituyen entornos de gestión y construcción integradas de información, de comunicación y actividades en un espacio virtual, facilitando el trabajo en equipo para la realización de proyectos conjuntos, las revisiones críticas, y promoviendo la participación activa de los usuarios. Todo ello configura el espacio *on-line* no restringido a la temporalidad del espacio físico. La

flexibilización de estos sistemas permite la creación de entornos diferentes, adecuados a las necesidades de los usuarios. El portal de estos sistemas es una hiperinterfaz donde se reúnen diversas interfaces sincrónicas y asincrónicas integradas. A su vez se diferencian de otras aplicaciones informáticas o conjunto de herramientas Web que pueden presentar cualidades semejantes, porque integran en sí diversas herramientas y recursos hipermediales que convergen de forma unificada y multidimensional en función de los objetivos de un proyecto de formación. Las mismas tienen diversos usos posibles, como cursos, cátedras *on-line*, proyectos de investigación, espacios de construcción colectiva, entornos de gestión y de vinculación.

Quien coordine estas actividades, deberá procurar que dichas plataformas sean una “obra abierta” donde la inmersión, la navegación, la exploración y la conversación puedan fluir en la lógica de lo que ha de ser completado. Esto significa que dichas plataformas deben posibilitar su reconfiguración como sistema, donde los participantes puedan contribuir en su diseño, en su dinámica curricular y contextualización.

En este sentido, estas interfaces pueden constituir entornos virtuales de trabajo, los cuales rompiendo las barreras físicas y temporales, permiten el contacto continuado entre los diversos actores, la participación en debates y foros, la creación de grupos de trabajo, y el acceso a materiales.

En el mundo existen numerosos desarrollos, cada uno de los cuales presentan entre sus servicios y herramientas similitudes y particularidades. Hoy los sistemas de mayor diseminación y uso son de *software* libre y código abierto. Con el objeto de explorar las actuales plataformas para *e-learning* se puede visitar el sitio: <http://www.e-learningcentre.co.uk/>, donde es posible acceder a una lista detallada de cada una de ellas con el enlace al sitio correspondiente. También han alcanzado gran desarrollo, y siguen produciéndose y comercializándose, productos y asistencia para diversas plataformas de entidades u organizaciones privadas.

Los servicios varían entre los distintos entornos integrados, pero actualmente los más frecuentes son:

- Administración y gestión de cursos: inscripción, lista de participantes y profesores, calendario, consulta de calificaciones, etc.
- Elaboración y distribución de contenidos.
- Mensajería y correo electrónico entre todos los participantes.
- Herramientas para trabajo colaborativo: foros, *chat*, listas de distribución de correo, pizarra electrónica, herramientas de audio, video-conferencia interactivas, etc.
- Acceso a catálogos, glosarios y bibliotecas en línea.
- Sistemas de registro y seguimiento de alumnos.
- Sistemas de evaluación.
- Diseño de planes personalizados de formación.

El DHD para educación nos permite utilizar un abanico muy amplio de actividades y recursos, que presentamos sintéticamente a continuación:

- Herramientas de configuración: permiten la configuración general del curso en cuanto a denominación del curso, accesibilidad de los datos, contraseñas de acceso, trabajo en grupos, rangos de fechas de matriculación, idioma pre-determinado y otros.
- Herramientas de administración: permiten acceder a la lista de participantes, separan los participantes por roles, permiten generar o anular matriculaciones, almacenan, ponderan y promedian calificaciones, importan y exportan datos diversos, permiten realizar *back-ups* parciales y totales, importar y exportar recursos y actividades, acceder a los archivos del curso.
- Herramientas temporales: permiten colocar novedades, organizar calendarios con diversos niveles de accesibilidad, publicitan eventos con cierto tiempo de anticipación, listan los usuarios *on-line*, informan al usuario qué eventos ocurrieron desde la última a la actual conexión.
- Herramientas de producción de Recursos y Actividades: es necesario introducir una distinción entre recurso y actividad, el recurso es considerado todo aquello que el alumno no puede modificar y la actividad, está

precisamente diseñada para su participación. Podría sostener entonces que un recurso puede ser una etiqueta de categorías, un *link*, cualquier tipo de documento (de texto, de hoja de cálculo, video y otros). Las actividades requieren de la participación del alumno, por ejemplo foros, glosarios, cuestionario de preguntas y respuestas, entrevistas, consultas, *wikis*, diarios, lecciones, tareas y otros.

- Herramientas de comunicación sincrónicas y asincrónicas: dentro de este tipo se pueden observar las herramientas específicas para generar comunicaciones: *chat*, mensajería, correo electrónico, videoconferencias, etc.

2.6. Herramientas de la WEB 2.0

Los avances en las tecnologías de la información y comunicación han posibilitado la transmisión de datos en formato digital a bajo costo, y estructurados de acuerdo a nuevos paradigmas de escritura, edición y publicación, en forma inmediata, aumentando de esta forma su valor.

Se ha expuesto, anteriormente, que el concepto de dispositivo hace referencia a un conjunto heterogéneo de elementos que incluye discursos, espacios, reglamentos, propuestas filosóficas y morales, etc. y que el mismo, resulta de la red que se establece entre estos elementos.

En los últimos años, por fuera de las nombradas plataformas *e-learning*, se ha destacado la importancia de herramientas y marcas. Google Earth, Youtube, Flickr, Gmail, Google Maps, Google Books, Google Scholar, Google Reader, Blogger, Yahoo, Windows Live, MSN Messenger, MySpace, Facebook, Twitter, RSS, son sólo algunos ejemplos de una nueva era informática donde se comparten videos, fotografías, juegos, y/o música con familiares y/o amigos. También, se añaden textos o etiquetas a las fotos, se suben todo tipo de archivos a la red para que otros los puedan descargar y reproducir en cualquier momento, se reciben diversos tipos de contenidos actualizados automáticamente, etc.

Esto ha permitido comunicarse estableciendo una red social, prescindiendo de conocimientos de programación, a partir de una escritura colaborativa centrada en núcleos comunes de interés.

Actualmente, estas tecnologías se constituyen en útiles herramientas y poseen un elevadísimo nivel de aceptación por parte de los usuarios de internet. Inclusive, desarrollos para educación las incorporan dentro del entorno. Los mismos se presentan como nuevos formatos narrativos propios de la red. Estas herramientas constituyen lo que conceptualmente algunos autores [55] nombran como WEB 2.0.

Como el acceso al conocimiento es cada vez más masivo y simultáneo, la investigación y el intercambio en educación se han transformado cualitativa y cuantitativamente a partir del acceso a bibliografías, datos e informaciones de todo tipo. Estos nuevos tipos de recursos de información, nuevas formas de adquisición, nuevos métodos de almacenamiento y preservación, requieren introducir importantes cambios en las prácticas organizacionales e intelectuales, tal como tradicionalmente se desarrollaban.

Siguiendo a Tosello [56]: Internet, la “biblioteca del mundo”, capaz de contener el archivo completo de la humanidad, es una red virtual y descentralizada con enormes cantidades de información en todos los formatos: texto, audio, video, imagen, etc. En las nuevas aplicaciones de la WEB 2.0, la nueva etapa en la evolución de Internet, la interacción es mucho mayor. Cada vez se publican más *weblogs*, se difunden noticias mediante *podcasting*, se descargan libros, y se co-editan de forma participativa enciclopedias *on-line* como Wikipedia.

Y continua: Estas profundas transformaciones en los modos de producción y distribución de la información y el conocimiento, han llevado a que asuma una particular relevancia la capacidad de procesar adecuadamente la información y analizarla críticamente, así como el desarrollo de competencias de innovación en investigadores y docentes. Hoy se torna primordial, encontrar formas ágiles de acceder a información, que no sólo sea coherente con los intereses intelectuales, sino que sea relevante en medio de la confusión creciente en relación al volumen que circula de la misma. En este contexto es necesaria la articulación de aspectos

subjetivos y objetivos, mediatizados por las potencialidades de cada medio y la capacidad del trabajo entre fronteras, brindando a los actores en una sociedad saturada de información instrumentos que les permitan seleccionarla y desplazarse hacia el nuevo paradigma.

Sin embargo independiente de las utilidades metodológicas de cada una de ellas, en el próximo capítulo avanzaremos sobre las similitudes respecto a cómo están resueltas tecnológicamente.

2.7. La Mesa de arena

En el trayecto de la construcción conceptual común se integraron también, fundantes experiencias del movimiento “Escuela Activa” [57], realizadas en Argentina durante la primera mitad del siglo XX, por las Maestras Amanda Arias, Olga y Leticia Cossettini, comenzando en la Escuela Normal de Rafaela, y posteriormente en la Escuela Gabriel Carrasco de Rosario (dirigidas por las hermanas Cossettini) hasta su censura oficial decretada en 1950.

Recorrer libremente los espacios dentro y fuera de la escuela conversando sobre lo visto y observado, implicó a ese grupo de maestros y alumnos decidirse a romper filas, ampliar la mirada, crear nuevos caminos hacia la información, el conocimiento y la expresión; encontrar grupalmente el sentido y compromiso con el otro al emprender la aventura de iniciarse en el juego del pensamiento reflexivo, científico y poético como derecho profundo del existir humano. “Utilizábamos la mesa de arena para representar todo aquello que se ponía sobre ella (no solamente mapas). El material se adaptaba a las necesidades, a veces era de arcilla, otras de barro (...). Se realizaba una ronda para conversar entorno a la mesa” narra María Luisa Incardi, alumna de la Escuela Normal de Rafaela a finales de la década de 1920. La tecnología de la mesa de arena se reapropiaba y resignificaba habilitando múltiples representaciones, la construcción de nuevos vínculos y miradas hacia el conocimiento en el intercambio permanente con el otro [58].

En nuestro caso el concepto de DHD se despliega en la metáfora de la mesa de arena, como lugar de interacción múltiple: un plano sustentador virtual que posibilita realizar responsablemente ensamblajes de elementos heterogéneos a través de operaciones complejas. Una reactualización conceptual de la perspectiva de compromiso social responsable planteada por el movimiento “Escuela Activa” abre camino hacia lo que hoy nos muestran las iniciativas de Código y Acceso Abierto.

Siguiendo esta perspectiva, la intervención de nuevos dispositivos comunicacionales en los diversos campos sociales y productivos, mediatizada por recursos hipermediales interactivos abiertos, puede generar novedosos vínculos entre textos y actores, y entre los actores sociales mismos. A través de la creación de estas situaciones vinculares inéditas, y habilitando en consecuencia la posibilidad de desarrollar capacidades del saber ético, también inéditas, se genera en lo simbólico una presencialidad interactiva-subjetiva que no se identifica con la positividad física (en relación al concepto de lo presencial-virtual que ya fue expuesto).

Alrededor de esta “virtual” mesa de arena podríamos conversar y dialogar mientras construimos e integramos conocimiento con ideas creativas y diversos elementos, materiales multimediales o herramientas disponibles. Esto haría posible habitar un lugar de acción reflexiva, de enunciado de hipótesis, de observación detenida, y de participación activa para vivenciar la virtualidad de las ideas, y a la vez admitir el error para volver a comenzar. Así, se hace imprescindible vincular la dimensión contextual de cada sujeto participante en su más amplio sentido, como variable que condiciona los procesos y calidades de las interacciones. Se trata entonces, de habilitar la evaluación reflexiva y continua sobre lo que se aprende, se enseña, se investiga y se produce: el valor y el sentido de lo que se comunica y disemina para construir “*civitas*”. Entonces, este enfoque difiere cualitativamente de la administración, gestión y comunicación de la información, dado que si bien la incluye, atiende a una dimensión ética que excede lo meramente informacional.

El nivel de abstracción y de apertura que implica el marco teórico y metodológico de los DHD, permite su adecuación a las dispares realidades de accesibilidad a las TIC que presenta nuestro país según sus regiones, y a los

cambios de configuración y/o de tecnologías propios del “acelerado” devenir contemporáneo.

Si el Libro de Arena se configuró como la metáfora de lo hipertextual, la Mesa de Arena podría configurarse como una nueva metáfora del Dispositivo Hipermedial Dinámico.

2.8. A modo de síntesis

La búsqueda de construcción del conocimiento en un proceso interactivo-intersubjetivo en el marco de las organizaciones a partir de la implementación de un Dispositivo Hipermedial Dinámico permite la ampliación, el descubrimiento, y despliegue de las capacidades singulares y grupales, y sus potencialidades.

De este modo, el sujeto se descubre como ser social, a través de la comunicación y el conocimiento colectivo, llevado por la confrontación con el otro. Es necesario un diálogo y una participación interactiva para diseñar procesos colectivos de aprendizaje, investigación, producción y gestión. Hoy existe una amplia gama de posibilidades para ello entre las herramientas que ofrece internet.

Sin embargo, como se refirió anteriormente, el diseño adecuado de los materiales no es suficiente, así como tampoco puede serlo el dispositivo tecnológico utilizado. Para que se genere el proceso interactivo de participación es necesario que la comunidad se apropie del mismo y pueda contextualizar sus propios procesos.

Participando de la Mesa de Arena damos juego al pensamiento, habilitándonos a descubrir diversos caminos hacia nuevas representaciones, hacia el hacer obra. Por esta razón es que se considera necesario ampliar nuestra mirada e ir más allá para comenzar a pensar los componentes y relaciones complejas del Dispositivo Hipermedial Dinámico.

Del DHD al Sistema Complejo

3.1. La necesidad del abordaje interdisciplinario

Conceptualizar al Dispositivo Hipermedial Dinámico como una red heterogénea conformada por la conjunción de tecnologías y aspectos sociales que posibilitan a los sujetos realizar con el otro acciones en interacción responsable para investigar, aprender, dialogar, confrontar, componer, evaluar, y diseminar bajo la modalidad de taller físico-virtual, utilizando la potencialidad comunicacional transformadora y abierta de las TIC, implica necesariamente que para su construcción y estudio, tanto en lo teórico como en lo metodológico, debe desarrollarse una mirada relacional, polifónica e hipertextual [59]. Esta mirada debe atender a la complejidad de lo que significa hoy llevar adelante procesos de formación, investigación, producción y gestión promoviendo la inclusión social, el acceso abierto a la información y el conocimiento, y el respeto a la diversidad, reconceptualizando a lo presencial, más allá de la positividad física, como dimensión simbólica [60].

Construir una red sociotécnica en un contexto físico virtual con “presencialidad” subjetiva es sentir la presencia del otro que cobra sentido en el compromiso de participación responsable para enseñar y aprender, investigar y/o producir cualquiera sea el grado y tecnología de mediatización. Presencia que en su dimensión simbólica posibilita el vínculo intersubjetivo y da lugar a la distancia necesaria para la interrogación, la representación como “juego al pensamiento” [61], la mediación de los discursos [62] y la acción [63].

La utilización o no de TIC en un determinado proceso educativo, investigativo o de producción y el grado de mediación/mediatización de dicho proceso no puede

ignorar el contexto del siglo XXI, que da muestra de los múltiples impactos de la globalización. El problema relevante en una sociedad donde la interactividad digital es un hecho consumado, se centra en interrogarnos sobre cómo sostener la presencialidad subjetiva y la participación responsable e inclusiva. Entonces, observamos que la problemática así planteada excede el tradicional dualismo entre lo “*presencial*” y lo “*a distancia*”, como así también lo meramente cuantitativo del grado de mediatización, habilitándose el debate sobre su real dimensión política dada la emergencia de nuevas formas culturales físico-virtuales de gestión, transmisión, producción y acceso -o no- a la información y conocimiento. Esto involucra de hecho las posibilidades de desarrollo tecnológico colaborativo y la extensiva utilización abierta de herramientas digitales aptas para múltiples propósitos.

Siguiendo a Cullen [64] la noción de DHD para educar, investigar y producir en el contexto físico-virtual conceptualiza a la educación y/o investigación (cualquiera sea su grado de mediación/mediatización) como proceso complejo que involucra la constitución misma de los sujetos que la piensan.

Es en este sentido que formulamos desde una perspectiva interdisciplinaria las preguntas iniciales que guiaron la investigación y el soporte de registros observables, análisis de los procesos, y desarrollo de las explicaciones, construyendo dinámicamente el sistema complejo. Luego explicitamos las principales arquitecturas tecnológicas que le dan materialidad. Por último, señalamos de manera sucinta sus correspondientes limitaciones.

3.2. Un trabajo conjunto

Más allá del reconocimiento hacia el otro en su campo disciplinar, manifestado en la participación, en el esfuerzo de lectura, y en la escucha interpretativa de especificidades distintas a la propia, las experiencias de trabajo en diversos contextos académicos y profesionales evidencian que los obstáculos más profundos encontrados en los grupos multidisciplinares que abordan una investigación sobre un

sistema complejo requieren afrontar desafíos mayores. La sola presencia de la racionalidad dialógica no es suficiente para la construcción metodológica interdisciplinar. Es muy difícil tomar conciencia, reconocer, que en un principio tanto en la relación intersubjetiva como en el nivel intrasubjetivo, estamos por lo general ante un pensamiento que se escapa de sí mismo. Cuando se abordan tareas de manera interdisciplinaria existen ideas en permanente olvido, en dilución continua e incontrolable y de variabilidad infinita, como otras sujetas a la mera opinión o bien ancladas fuertemente a estructuras de pensamiento y acción, consolidadas por las propias prácticas disciplinares.

Siguiendo a Deleuze y Guattari [65], dar forma al pensamiento se inscribe históricamente en una demanda propia de la filosofía, la ciencia y el arte; reconocer la singularidad de cada uno de los planos podría dar profundidad al acto interpretativo, transformando la forma en singular juego, juego de la enunciación:

“Los tres planos son irreductibles con sus elementos: plano de inmanencia de la filosofía, plano de composición del arte, plano de referencia o de coordinación de la ciencia; forma del concepto, fuerza de la sensación, función del conocimiento; conceptos y personajes conceptuales, sensaciones y figuras estéticas, funciones y observadores parciales” [66].

Sin embargo, estas construcciones pueden estar atravesadas por interferencias de distinto tipo, interferencias que habilitan en cada uno de los sujetos corrimientos, nuevas tensiones, reconceptualizaciones profundas al interior de las disciplinas. Tensiones que quizás posibiliten frente al estudio de una realidad compleja, nuevos caminos hacia la coordinación-construcción de un enfoque común.

Algunas interferencias pueden ser consideradas extrínsecas cuando cada disciplina se mantiene en su propio plano empleando sus elementos singulares, y en otros casos podemos observar sutiles deslizamientos (juegos) que dan por resultado planos complejos difíciles de calificar, creando la salida de un elemento de un plano hacia otro: un tipo de interferencia denominada intrínseca. Es probable que estas “interferencias intrínsecas” hayan sido espirales infinitos generadores de aconteceres, dando cuenta del inagotable despliegue del sujeto epistémico.

Entonces, la necesidad de pensar lo real de la realidad, explorando planos diferentes a los de la propia disciplina, y creando sutiles deslizamientos, implica también una salida del usual marco metodológico hacia el descubrimiento y la puesta en obra de metodologías propias de otros campos. Un necesario e imprescindible extravío temporario del sujeto epistémico para poder componer la interferencia.

“También hay, por último, interferencias ilocalizables. Y es que cada disciplina distinta está a su manera relacionada con un negativo: hasta la ciencia está relacionada con una no ciencia que le devuelve sus efectos” [67].

Haciéndonos eco de estas singularidades, abordaremos dos conceptos significativos para nuestro trabajo, el de dispositivo y el de sistema complejo persiguiendo a la vez dos propósitos.

El primer propósito alerta, sobre la necesidad e importancia que reviste considerar como primera fase metodológica para la construcción de prácticas convergentes, un análisis interpretativo-reflexivo del sentido que atribuye cada uno de los sujetos intervinientes, a nociones claves que se ponen en juego utilizadas con frecuencia en distintos campos disciplinares.

Esto responde, cualquiera sea el caso y en un orden general, a la finalidad de habilitar grupalmente mayor comprensión hacia las diversas miradas disciplinarias (envueltas en múltiples sentidos e intereses), condición indispensable para sostener cualquier trayecto (sea educativo, investigativo o productivo) fundamentado en el intercambio colaborativo y en el entramado organizacional para diseñar e implementar programas y/o proyectos con la perspectiva constructivista de taller físico-virtual.

El segundo propósito, invita a desplegar ideas en permanente olvido para poder emerger y dar infinitud al presente, esbozando el trazado incipiente de algunos planos sobre una distancia sin medida entre el poder y las verdades [68].

La noción de dispositivo, como expresamos en el capítulo anterior, tiene un campo de aplicación extenso y su empleo puede encontrarse en disciplinas tales como la filosofía, la mecánica, la informática, la comunicación, la sociología, la educación, el arte, etcétera, presentando perspectivas analíticas diversas [69] [70]. Sus alcances abarcan desde mecanismos y componentes tangibles a configuraciones

de un alto grado de abstracción. En este último sentido, Foucault [71] lo conceptualiza como un conjunto heterogéneo de elementos donde se entranan concepciones de poder y sujeto del saber. El dispositivo se manifiesta entonces, como una entidad compleja compuesta por la integración de dos dimensiones indisolubles: una técnica (o conjunto de técnicas constructivas que comportan una materialidad y una configuración particular), y una social dada por las relaciones intersubjetivas y la situación en la que se inscriben.

Este concepto nos habla de la presencia dinámica de tecnologías, vínculos interactivos/intersubjetivos, y representaciones como el lugar en que operan los intercambios discursivos y potencial espacio para la co-enunciación, ya que se torna posible el emplazamiento social de los discursos.

En este sentido, si nos posicionamos específicamente en el trazado de un plano con funciones y observadores parciales, se podría avanzar hacia la teoría de los sistemas complejos desde la perspectiva planteada por García:

“La complejidad de un sistema no está solamente determinada por la heterogeneidad de los elementos (subsistemas) que lo componen, y cuya naturaleza los sitúa normalmente dentro del dominio de diversas ramas de la ciencia y la tecnología. Además de la heterogeneidad, la característica determinante de un sistema complejo es la interdefinibilidad y mutua dependencia de las funciones que cumplen dichos elementos dentro del sistema total. Esta característica excluye la posibilidad de obtener un análisis de un sistema complejo por la simple adición de estudios sectoriales correspondientes a cada uno de los elementos” [72].

Entonces, la funcionalidad global de un sistema se da precisamente por las interacciones, por lo tanto no se encontrará tal funcionalidad si se observan solamente algunos elementos [73]. Además, el sistema como totalidad es abierto, no tiene contornos rígidos; está inmerso en una realidad más amplia con la cual interactúa a través de flujos heterogéneos.

El sistema complejo no es algo ya dado sobre el cual sólo cabe la observación y análisis, sino que demanda un esfuerzo en la investigación para su conceptualización como recorte posible de una realidad mucho más amplia e

indefinible en sus límites. Esta construcción se expresa en modelos sucesivos donde se busca una aproximación que sea suficientemente coherente en la capacidad de explicar el funcionamiento de dicha construcción (sistema complejo) dando cuenta de los hechos observados.

Esta posibilidad de modelización del sistema complejo nos permite comprender con mayor exactitud como el pensamiento científico conforma un plano de referencia mediante proposiciones. Modelizaciones que se definen a través de expresiones matemáticas, formalismos u órdenes metodológicos híbridos cualitativos y cuantitativos donde el grado de variabilidad para definir la complejidad no corresponde a lo inconmensurable, ya que lo complejo no es científicamente análogo a lo caótico, aunque perceptualmente lo pareciera.

3.3. Las interacciones²

Existe una primera concepción de la interactividad que se basa principalmente en el análisis de la relación entre el individuo y la computadora. Esta concepción no estaba fuera de lugar antes del advenimiento de internet, un ejemplo de esto es la época donde se jugaba en soledad con la computadora. Actualmente es extraño que alguien lo haga de esta forma, generalmente, las actividades lúdicas se realizan en red interactuando con otros individuos.

Más allá de entrenamientos o capacitaciones específicas, con sistemas expertos y de simulación con altos grados de automatizaciones que también hoy pueden estar en red, cuando hablamos de interacción bajo perspectivas constructivistas del conocimiento somos sujetos dialógicos constructores de contenidos que despliegan sus capacidades críticas en el propio acto responsable.

Existen autores que han tenido en cuenta opciones más amplias para definir la

² Este análisis fue realizado en profundidad en la tesis doctoral de la becaria CONICET (tipo II) Ps. Griselda Guarnieri: "El modo interactivo del Dispositivo Hipermedial Dinámico". Doctorado en Humanidades y Artes. Mención Educación. Facultad de Humanidades y Artes. Universidad Nacional de Rosario. Directora: Dra. Patricia San Martín, Codirector: Dr. Oscar Traversa.

interactividad y consideran que esta no se agota en la relación individuo-computadora, sino que implica también al vínculo mediado entre los sujetos.

Retomaremos una definición de interactividad para continuar el análisis. Según Rost [74], es la capacidad gradual y variable que tiene un medio de comunicación para darle a los usuarios/lectores un mayor poder tanto en la selección de contenidos (interactividad selectiva) como en las posibilidades de expresión y comunicación (interactividad comunicativa). La interactividad selectiva está vinculada principalmente a las posibilidades de selección de contenidos. A diferencia de la interactividad selectiva, la comunicativa se basa en que el usuario participe de intercambios dialógicos. “En la interactividad selectiva, hay un individuo que pregunta o elige una opción y el sistema le responde automáticamente; en la interactividad comunicativa, hay un individuo emisor y otro receptor que pueden intercambiar roles. En el primer caso, el número de posibilidades que tiene el sistema de responder es -por lo menos en la mayoría de los casos- limitado o a veces único; mientras que en la segunda opción, la interacción es imprevisible, es decir las posibilidades de respuesta son infinitas por las características humanas de los interactuantes” [75].

En consenso con Rost observamos que la interactividad comunicativa es mucho más difícil de cuantificar y medir que la interactividad selectiva.

Silva [76] expone que el término interactividad está dividido entre los autores que consideran sólo la relación individuo-máquina, y los que creen que es la relación individuo-individuo mediada por la telemática. Este autor considera que la interactividad se basa en un plus comunicacional y que tiene tres fundamentos básicos: la participación-intervención, la bidireccionalidad-hidridación y la potencialidad-permutabilidad.

Nuestra postura se ubica con los autores que consideran la interactividad con un vínculo intersubjetivo mediado por tecnologías, los otros conceptos generan hoy un reduccionismo innecesario, sobre todo en el campo de la educación objeto de nuestro estudio.

A su vez, es relevante observar que la interacción entre sujetos no se puede separar de la comunicación y de la reciprocidad. Nuestra propuesta considera que

ambos términos están interrelacionados, y que la interactividad integra cuestiones propias del actual contexto físico-virtual visto como red socio-técnica.

El término interactividad está profundamente entramado con la digitalización, tanto de información como de contenidos. No se puede pensar la interactividad separada de las posibilidades de intercambiar, modificar y transmitir paquetes de información *on-line*.

La interactividad, a su vez, se separa definitivamente de los dispositivos transmisivos (unidireccionales), generando intercambios bidireccionales o multidireccionales. Son innegables las posibilidades que ofrecen las TIC, pero es necesario un profundo proceso de capacitación y resignificación de las especificidades de su implementación. Esa tarea es aún más compleja que la creación de más y mejores sistemas tecnológicos.

Las construcciones hipermediales y sus modos de organización son muy diversos según la epistemología del dominio en el que se inscriban, su especificidad estructural está en la ausencia de un orden jerárquico que fije previamente el dominio de su lectura, y en la invención de nuevas formas.

La ausencia de interactividad no siempre está ligada a factores tecnológicos, sino a factores tales como el aspecto relacional, el diseño conceptual del espacio virtual, etc.

En el caso de las tecnologías informáticas que poseen todos los elementos para posibilitar un intercambio interactivo es necesario interrogarse sobre si este realmente se realiza. Durante el trayecto de investigación de esta tesis, en el análisis de diversas implementaciones de educación mediatizada a través de internet, hemos observado frecuentemente que se reemplaza el texto impreso en papel por el digital, la fotocopidora por el texto *on-line*, y que no hay verdaderos canales que posibiliten la interactividad entre los usuarios.

Los espacios virtuales son herramientas válidas, pero es indispensable considerarlos en toda su potencialidad y especificidad, los mismos pueden reemplazar viejos modelos, pero sus posibilidades no se agotan allí. Estos deben ser utilizados en su dimensión transformadora para posibilitar los ricos procesos de interacción que

integran las TIC.

En resumen conceptualizamos como Interactividad-DHD al vínculo intersubjetivo responsable que conforma una red sociotécnica generadora del intercambio y de la edición bidireccional y multidireccional de mensajes y objetos en un marco de trabajo colaborativo, abierto, democrático y plural.

3.4. Sistemas sensibles al contexto

Una de las ventajas más destacables de las tecnologías actuales con respecto a otras modalidades a distancia mediadas por el modo transmisión (radio, televisión, etc.) es la posibilidad de una mayor interacción entre todos los actores del sistema. Esto facilita cualitativamente la posibilidad de plantear el trabajo colaborativo y la participación en tiempo sincrónico y asincrónico en las diversas modalidades de gestión, producción, investigación, desarrollo o didáctica.

Particularmente los sistemas hipermediales adaptativos tienen como objetivo mejorar la adecuación de los servicios, a partir del contexto de los usuarios y del entorno, con lo que constituyen una forma única de interacción y reciprocidad con el sujeto. Su naturaleza permite configurar entornos para conseguir que los participantes alcancen los objetivos establecidos mediante contenidos y recorridos adecuados a sus aptitudes, sus intereses y sus preferencias.

Por lo tanto, estos sistemas buscan adaptarse al usuario y no al contrario, como sucede en los hipermediales “clásicos”, los cuales muestran el mismo contenido y los mismos enlaces a todos los usuarios [77].

La diferencia entre estos sistemas hipermediales adaptativos automáticos y un sistema clásico, es que éste último se enfoca, básicamente, en proporcionar al usuario herramientas para la personalización del sistema (color, tipo de letra, tamaño de letra, etc.), o en contar con interfaces para diferentes niveles (por ejemplo, experto, principiante, etc.). De este modo, en un sistema clásico el usuario manualmente diseña su entorno seleccionando según sus necesidades o intereses,

mientras que un sistema hipermedial adaptativo se emplea información de contexto del usuario para proveer adaptación automática [78].

De modo general, se define a los sistemas hipermediales adaptativos como sistemas que permiten personalizarse (adaptarse) en función del contexto de los usuarios individuales. Por tanto, el modelo se desarrolla a partir de las metas, preferencias, características personales y conocimientos de cada usuario, y se irá modificando según éste vaya interactuando con el sistema. A su vez, la información (contenidos) y los *links* para la navegación se adecuarán a sus necesidades contextuales, dado que los usuarios aumentan y varían sus conocimientos permanentemente.

Según Dey, “contexto” se entiende como: “ (...) cualquier información que puede usarse para caracterizar la situación de una entidad (...) entendiendo a la entidad como una persona, lugar u objeto que es considerado relevante para la interacción entre un usuario y una aplicación, incluyendo al usuario mismo y la aplicación. De este modo, el contexto es información, y según como se selecciona, procesa y produce la misma a través de dichos sistemas, se posibilita la adecuación del mismo con las utilidades para el usuario” [79].

Dourish [80] sostiene al respecto que según la variable situación contextual en la cual la tecnología es utilizada, se necesita comprender más sobre la relación entre la tecnología informática y el contexto en la que se encuentra.

El problema del contexto no refiere a cómo éste se representa, sino que tiene que ver con un problema de relaciones, es decir, con qué se vincula la actividad que se desarrolla, y a su vez, cómo y por qué las personas que interactúan pueden tener una comprensión mutua de sus acciones. La idea de contexto consiste en un conjunto de características que rodean las actividades que se realizan, las cuales pueden ser codificadas, haciendo viable de este modo un sistema de *software*. Es un producto de la relación, mas que una premisa. Así el contexto y la actividad no pueden separarse. El contexto no es algo estable, dado, como lo es una descripción externa de la actividad misma. Por el contrario, aparece y es sostenido por la misma actividad.

En síntesis, en el marco de este trabajo, el DHD debe ser sensible al contexto para posibilitar una mayor versatilidad de las interacciones en las comunidades en las cuales se utilice.

3.5. Una tecnología común

La arquitectura Cliente-Servidor [81] es la más utilizada actualmente en lo que es el desarrollo global de la Tecnologías de la Información y Comunicación. Su principal propósito es descomponer el procesamiento y almacenamiento de los datos procesados por grandes sistemas.

Existen en esta arquitectura dos tipos de componentes: clientes y servidores. Los clientes solicitan servicios a otros componentes; los servidores proveen servicios, a otros componentes que van desde subrutinas a bases de datos completas. Es común que un servidor sea cliente de otro servidor.

Clientes y servidores suelen agruparse en capas, también llamadas capas lógicas, cada una de las cuales, puede ejecutarse en una plataforma diferente. Cada capa ofrece o solicita un conjunto de servicios y datos. Normalmente una capa es un gran sistema de *software* (que incluye aplicaciones y datos) por lo que debe ser descompuesto. Cada componente de una capa puede ser un sistema, sub-sistema, o un módulo. Si bien la distinción entre sistema, sub-sistema y módulo no es muy clara ni precisa en la bibliografía general, con estos términos se intenta reflejar la complejidad y envergadura de cada capa.

Los servidores pueden cumplir funciones muy diversas. Podemos clasificarlos en dos categorías [82]: de negocio y de infraestructura, también llamados de soporte. Dentro de la primera categoría se encuentran las aplicaciones que implementan un requisito funcional específico de intercambio; en la segunda categoría están los servidores que cumplen funciones más generales que usualmente abarcan más de un dominio de aplicación.

Usualmente la comunicación entre componentes es de a pares y la inicia un

cliente; luego al pedido de un servicio de un cliente le corresponde la respuesta del servidor respectivo. En otras palabras la comunicación entre cliente y servidor es, por lo general, asimétrica. Normalmente la invocación de servicios es sincrónica: el solicitante queda bloqueado hasta que el servicio solicitado completa su tarea y retorna posiblemente con un resultado.

3.6. Patrones estructurales

Los patrones estructurales [83] indican las formas en que se pueden distribuir las aplicaciones (clientes y servidores) y los datos en capas, como así también las formas en que todos estos elementos pueden interactuar entre sí. La Figura 1 muestra las relaciones estructurales básicas. Cada rectángulo representa una capa lógica y las flechas indican comunicación bidireccional por medio de diversos conectores.

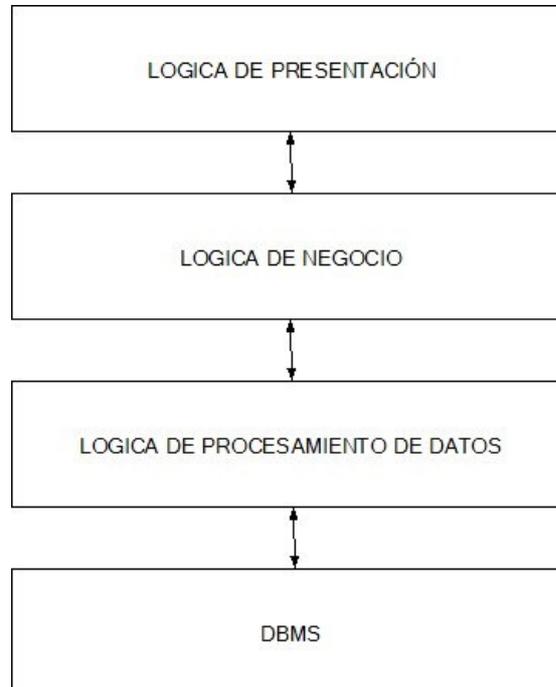


Fig. 1. Patrón estructural por capas.

Los patrones estructurales están guiados por la topología física de la red utilizada. Usualmente la red se compone de cientos o miles de computadoras personales, decenas de servidores medianos y algunos *mainframes* o grandes servidores (a los que pueden sumarse diversos equipos de comunicación como *routers*, *firewalls*, *switches*, etc.). Todos estos componentes físicos están conectados a una o varias redes con un ancho de banda adecuado. Un sistema típico de este estilo consiste de cuatro capas lógicas [84]:

- Lógica de Presentación (LP). Esta es la parte del código que interactúa con un elemento como una computadora personal o terminal de autoservicio. Esta capa se encarga de cosas como disposición de la gráfica en la pantalla, escribir los datos en pantalla, manejo de ventanas, manejo de los eventos del teclado y *mouse*, etc.
- Lógica de Negocio (LN)³. En esta capa se codifican las reglas del negocio e implementación de los servicios sobre las herramientas determinadas.
- Lógica del Procesamiento de los Datos (LPD). En esta capa se oculta la forma en que se consultan o almacenan los datos persistentes. El problema es que esta interfaz no encapsula lo que se denomina estructura física de los datos, es decir la representación en tablas relacionales de los datos. Por lo tanto, un cambio en esa estructura física suele tener un gran impacto en la Lógica de Negocio.
- Sistemas de gestión de base de datos (DBMS: Data Base Management System). Esta capa usualmente está formada por uno o varios Sistemas Administradores de Bases de Datos Relacionales (RDBMS: Relational Data Base Management System) pero no es extraño encontrar otros componentes como el sistema de archivos de los sistemas operativos. Si esto ocurre, entonces a la capa anterior se le suman las rutinas para acceder al sistema de archivos de forma local o remotamente.

³ En informática, en particular en análisis y diseño orientado a objetos, el término lógica de negocio es la parte de un sistema que realizan tareas tales como: entradas de datos, consultas a los datos, generación de informes y más específicamente todo el procesamiento que se realiza detrás de la aplicación, invisible para el usuario.

En general, la LPD accede los datos almacenados en un DBMS, la LN los procesa y la LP muestra los resultados al usuario. Las capas pueden interactuar entre sí de la siguiente forma: la LP es cliente de la LN; la LN es servidor para la LP y cliente para la LPD; la LPD es servidor para la LN y cliente para el DBMS; el DBMS actúa únicamente como servidor de la LPD.

La forma más común de distribución es por lo general que la LP ejecuta sobre las computadoras personales, y posiblemente algo de la LN ejecute también sobre ellas. La LN ejecuta normalmente sobre los servidores medios aunque también puede ocurrir que estos también contengan algo de la LPD, por ejemplo un *middleware* para ruteo de transacciones, y no es extraño que haya algún DBMS. Por lo general, los DBMS yacen en los grandes servidores.

La estructura en capas debe imponer que:

- La LP actúa siempre como cliente y solicita servicios sólo a la LN.
- La LN solicita servicios sólo a la LPD.
- La LPD solicita servicios sólo al DBMS.
- El DBMS actúa únicamente como servidor.
- Los clientes deben iniciar todas las transacciones.
- Los servidores no tienen por qué conocer la identidad de los clientes antes de que estos soliciten un servicio.

Correctamente aplicado al tipo de sistemas para el cual fue pensado este estilo no presenta desventajas considerables y al mismo tiempo permite alcanzar ciertas cualidades muy importantes, como la posibilidad de aplicarlos a sistemas muy complejos.

3.7. Arquitectura de Software para los DHD

Las TIC evolucionan permanentemente incorporando nuevos elementos y una gran variedad de herramientas, sin embargo, los sujetos tienen todavía problemas para encontrar un sistema que se adapte a sus requerimientos, lo cual propicia que muchas instituciones hayan optado por implementar aplicaciones a medida.

Los factores que determinan la elección de un entorno o herramienta son, entre otros, la usabilidad y la versatilidad para los procesos que se deben llevar adelante. Desde el punto de vista del desarrollador, los entornos o herramientas han de tener las siguientes características:

1. Estabilidad: han de mantenerse estables las funcionalidades existentes frente a posibles cambios en el sistema.

2. Escalabilidad: deben permitir la incorporación de nuevos módulos y funcionalidades de manera sencilla.

3. Adaptación y personalización: se amoldarán a las características y necesidades del usuario [85].

4. Interoperabilidad: la información no sólo ha de ser importable y exportable entre diferentes versiones del mismo producto, sino que además ha de ser intercambiable entre entornos diferentes y heterogéneos.

Estas características han determinado la evolución tecnológica de los entornos y de las herramientas. Inicialmente, las plataformas estaban basadas en un diseño monolítico [86]. La demanda de requerimientos como la personalización y la adaptación antes mencionada, obliga a los desarrolladores a ofrecer herramientas que permitan la posibilidad de añadir nuevas funcionalidades al sistema o bien permitir la modificación del código fuente bajo licencias de código abierto. Además, de la creciente incorporación de elementos para la adaptación sensible al contexto, se está propiciando un cambio en las arquitecturas de los sistemas dando paso a las Arquitecturas Orientadas a Servicios (SOA: Service Oriented Architecture).

En este sentido los *frameworks* utilizados definen una serie de capas de servicios con el objetivo de mejorar el desarrollo y facilitar la interoperabilidad. De este modo, los sistemas construidos siguiendo esta directrices, permiten el consumo e intercambio de datos usando los servicios base.

Actualmente los *frameworks* poseen especificaciones para el desarrollo de las plataformas de aprendizaje basadas fundamentalmente en el desarrollo de arquitecturas orientadas a servicios. Incluyen un listado y una descripción de los servicios y componentes, así como una guía de desarrollo y, en algunas ocasiones, incluso hasta implementaciones.

IMS Abstract Framework [87] (IAF) es un trabajo del IMS Global Consortium que describe un contexto para el desarrollo de aplicaciones de aprendizaje orientadas a servicios, permitiendo una representación abstracta de los servicios y componentes de un sistema interoperable. The Open Knowledge Initiative [88] (OKI) también propone una Arquitectura Orientada a Servicios (SOA) en la que se definen una serie de servicios independientes de la tecnología de implementación y desarrollados a partir de interfaces denominados Open Service Interface Definitions (OSID).

Aunque OKI ofrece por defecto una implementación en lenguaje Java, también da una descripción de los servicios en XML [89] que facilita su transformación a otros lenguajes, como PHP [90]. Además de IMS Abstract Framework y OKI, “The E-learning Initiative” [91] representa otro esfuerzo internacional para el desarrollo de infraestructuras en Tecnologías de la Información que facilita la interoperabilidad en educación e investigación.

Los primeros desarrollos de las plataformas *e-learning* surgen en la década de los 90. Una de las primeras que aparece es “Web-based Course Tools System” (WebCT), que es actualmente comercializada por Blackboard Inc. [92]. Sin embargo, Blackboard/WebCT ha encontrado fuertes competidores en plataformas de código abierto, las cuales permiten a los desarrolladores acceso directo al código fuente para modificarlo y personalizarlo. MOODLE [93], dotLRN [94] y ELGG [95] son ejemplos de plataformas de código abierto bajo licencia GNU/GPL [96]. Aunque GNU/GPL son las licencias por las que han optado un gran número de aplicaciones,

el código abierto no está restringido a una única licencia. SAKAI [97], por ejemplo, es un desarrollo de código abierto escrito en Java bajo licencia Educational Community, que sigue en parte el IMS Abstract Framework y la Open Knowledge Initiative para conseguir una aplicación orientada a servicios, escalable y con cierto nivel de interoperabilidad.

La consecución de la interoperabilidad entre los entornos y herramientas es uno de los objetivos más perseguidos en la actualidad, existiendo proyectos que investigan su diseño e implementación, como es el caso del proyecto Campus de la Universidad Abierta de Cataluña [98], que está desarrollando un Campus Virtual que permite trabajar con MOODLE y SAKAI, garantizando la interoperabilidad entre ambas plataformas.

Por todo lo expuesto consideramos que el uso combinado de las diversas arquitecturas orientadas a servicios es una posible solución a las carencias y necesidades de dichos entornos.

Un diseño basado en componentes permite que cada elemento pueda ser reutilizado, actualizado y reemplazado. Además de la necesidad de que el diseño del componente sea lo suficientemente autónomo y sostenible, la interoperabilidad entre sistemas requiere dar a conocer la funcionalidad del mismo al exterior. Es aquí donde las arquitecturas SOA juegan un papel fundamental, ofreciendo una manera de interconectar sistemas utilizando tecnologías independientes de la plataforma.

Por otra parte, los clientes de estos servicios pueden aprovechar las ventajas de las arquitecturas SOA, obteniendo funcionalidades a través de otros servicios ya implementados, como hacen iGoogle [99] o Protopage [100], que pese a no ser de propósito educativo, se están utilizando en el ámbito educacional. La interoperabilidad basada en el uso de servicios desde su ubicación original, tal y como está haciendo la compañía Google, ofrece una serie de ventajas en el desarrollo. Por ejemplo, cualquier modificación en el servicio original se ve inmediatamente reflejada en el destino, lo cual permite al usuario disponer en todo momento de las versiones más actualizadas y adecuadas de los recursos que está utilizando. Desde el punto de vista del programador, no es necesario alojar herramientas externas en el sistema, sino

que simplemente basta con invocar un servicio para que su funcionalidad sea accesible desde el entorno.

Además, la aplicación de un modelo arquitectónico basado en servicios aplicado a la computación ubicua [101], nos permite adaptar la interfaz sin tener que modificar ni la funcionalidad ni la arquitectura de los sistemas. Logrando de esta manera, obtener vistas distintas y adaptadas a las características de los diferentes dispositivos de acceso.

El uso de servicios externos no es la única ventaja que aportan las arquitecturas SOA. El diseño interno basado en servicios siguiendo el modelo de los *frameworks* planteados, permite una distribución de componentes en capas, haciendo posible distinguir niveles de funcionalidad (servicios comunes, servicios educativos, etc.) e interconectar estos niveles.

En resumen, la tendencia actual es la adopción de arquitecturas orientadas a servicios (SOA). Sin embargo, a pesar de que gran parte del trabajo en este campo está relacionado con la interoperabilidad y el intercambio de datos entre entornos y herramientas, encontramos aún pocos servicios disponibles [102]. Existen algunas iniciativas relacionadas con el intercambio de objetos de aprendizaje a través de servicios [103] y algunos proyectos como OSID Bridging [104] que intentan aprovechar la utilización de servicios para favorecer la interoperabilidad. Todos estos elementos convergen en diversas ventajas que posibilitan acceder, adaptar y reutilizar los servicios [105].

Por último, hay un aspecto muy importante a tener en cuenta y que seguramente dará un impulso a estos entornos y herramientas, y es la capacidad de añadir significado a sus datos. Hasta hace un tiempo, cuando un sistema elegía una manera de nombrar a personas, cursos u otros recursos de un entorno de aprendizaje, muchas veces se basaba en terminología propia, o sujeta al entorno cultural. Esto implicaba muchas una interpretación confusa, o más de una interpretación para un mismo término. La Web Semántica, soluciona esta dificultad ofreciendo mecanismos para dar significado a la información y a los servicios publicados en la Web. Las especificaciones como Rich Site Summary [106] (RSS) y

las tecnologías basadas en Resource Description Framework [107] (RDF), pueden ayudar a entender y emparejar conceptos entre aplicaciones, permitiendo corregir problemas tales como el manejo de la información, la migración de los datos, la interoperabilidad, o la adaptación y la personalización.

El resultado esperado son entornos y herramientas no cohesivas y con bajo acoplamiento que permitirán el intercambio de meta-datos con un significado común para todos y favorecerán la interoperabilidad entre herramientas.

3.8. Dos necesidades a responder

En el marco conceptual propuesto, un Dispositivo Hipermedial Dinámico se construye cuando los Participantes a través de interacciones dialógicas, analíticas y de producción pueden intercambiar y elaborar conjuntamente conocimiento, configurando, utilizando y resignificando entornos y aplicaciones que posibilitan su mediatización en diversos tipos de formatos digitales. Esto implica en la acción, el desarrollo de procesos para la apropiación y diseminación de conocimiento que dan cuenta de las posibilidades y limitaciones tanto de la mediatización propuesta como de la mediación interpretativa disciplinaria y/o interdisciplinaria.

En este sentido, el análisis del grado de cambio en la situación contextual inicial, tanto de los actores, como de las configuraciones tecnológicas del DHD, se constituye en una información relevante para la evaluación de la calidad de los procesos de interacción en el aprendizaje, en la investigación, en la producción de conocimiento, y en la gestión.

Señalamos entonces dos necesidades importantes:

- La primera es que la evaluación del cambio contextual requiere de la construcción de una métrica consensuada entre los responsables de las diferentes áreas de incumbencia, sea tanto referida a un proceso formativo como investigativo, como a uno de producción o gestión, en un marco disciplinar y/o interdisciplinar definido.

- La segunda, refiere a que actualmente la posibilidad de generar procesos dinámicos interactivos intersubjetivos no se ve contemplada plenamente en los desarrollos tecnológicos disponibles a nivel internacional. Por esto se busca implementar la herramienta de *software* “contrato”, cuya finalidad antes señalada es posibilitar una mayor versatilidad en las interacciones de los diversos actores.

La vinculación compleja de los procesos de educación, investigación, producción, y gestión, atiende a su propia dinámica y al protagonismo de los sujetos intervinientes. Buscándose a su vez, que ésta se potencie a partir de que los propios usuarios tengan la posibilidad de cambiar criterios de adaptación de los servicios involucrados, superando a los sistemas monolíticos tradicionales.

En el próximo capítulo se presentará el modelo del DHD y las métricas integradas al mismo, en la búsqueda de una posible solución a los dos requerimientos antes presentados.

Capítulo 4

Modelo y métricas del DHD

4.1. Introducción

En el presente capítulo abordaremos la construcción de un modelo descriptivo y de simulación del DHD que integre métricas para la evaluación analítica de los mencionados procesos de interacción ya expuestos en esta tesis. Dicho análisis atiende a la importancia que reviste estudiar y reflexionar sobre la calidad de las interacciones que se suscitan en los procesos de formación con diferentes grados de mediatización. A partir de esto se posibilitará la apropiación, construcción y resignificación responsable del uso de las TIC por parte de las diversas comunidades desde su propia práctica, disponiendo de herramientas adecuadas a tal propósito.

En este sentido, es fundamental subrayar la importancia que reviste la visibilidad de los procesos propios del DHD manifestados en las relaciones intersubjetivas, en las actividades varias, en los usos de herramientas, en la contextualización, en las producciones, y en los roles y perfiles de los sujetos participantes.

Como punto de partida, se modela el denominado Paquete Hipermedial (PH) como primera fase, siendo el PH el componente conceptual básico del DHD. Luego se avanza sobre el modelo integrado del DHD en su conjunto y se desarrollan las métricas consensuadas que son implementadas en el modelo final dentro de un entorno de simulación.

4.2. Hacia el modelado

Desde el punto de vista del modelado, las especificaciones estructurales constituyen una simplificación significativa ya que es extremadamente difícil realizar una descripción del comportamiento completo de un sistema complejo [108]. Más abordable resulta describir el comportamiento de un componente conceptual básico y luego especificar cómo interactúa con otros, conformando la red con todos sus elementos asociados.

Entonces, el componente conceptual básico del DHD para educar, investigar o producir requiere de al menos dos sujetos que interactúen entre sí integrando diversas TIC, donde se pueda verificar y evaluar algún cambio de contexto en al menos uno de los actores, conjuntamente con la participación inicial de un tercero como determinante constitutiva y dinámica de la red [109].

A este campo situacional lo denominamos Paquete Hipermedial (PH) ya que se constituye en el núcleo básico de sentido para el funcionamiento sistémico del DHD, considerando que las mediaciones/mediatizaciones múltiples donde convergen diversos lenguajes (imagen, sonido, verbalizaciones) posibilitan acciones de interpretación y producción por parte de los participantes. Pudiéndose generar de esta manera, procesos dinámicos interactivos/intersubjetivos que provocan progresivos cambios de contexto, tanto a nivel de los sujetos, como del sistema en su conjunto.

La configuración y las funcionalidades de las herramientas disponibles establecen en los PH características (utilización de los servicios) y propiedades (tipo de interacción). Por ejemplo, el servicio de edición en una *wiki* implica una construcción conjunta de una página Web, mientras que el servicio de edición en un Foro ordena adecuadamente las intervenciones de los participantes. En este sentido, los procesos de interpretación y producción en ambas herramientas se manifiestan netamente diferenciados si se atiende en profundidad a lo que cada actividad propone como dinámica de participación y modos de producción en relación con el otro.

En la Figura 2, a través de un diagrama UML (Unified Modeling Language: Lenguaje unificado de modelado) [110], se describen los principales elementos y

relaciones que componen un PH. Valga señalar que dicho modelo responde a la arquitectura orientada a servicios descrita en el capítulo anterior. Los participantes provocan ciertos tipos de interacciones a través del uso de las herramientas: foro, *wiki*, *blog*, etc. (como ejemplos generales de herramientas). Dichas interacciones son implementadas a partir de los servicios que integran las herramientas: crear, editar, consultar, eliminar, etc. (estos servicios citados son los básicos para los diferentes tipos de herramientas). Cada herramienta se expresa con una página compuesta con contenidos de hipervínculos y material multimedia, según sus características. Los hipervínculos pueden llevar a otras páginas pertenecientes al mismo PH o se pueden dirigir hacia otros componentes.

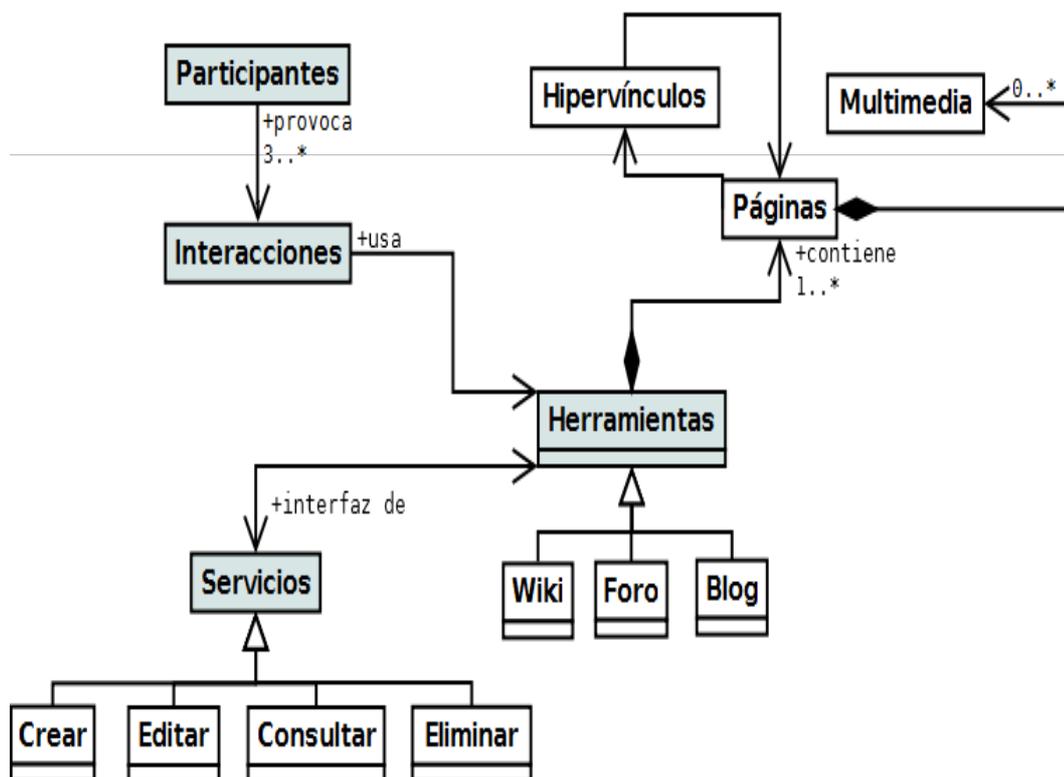


Fig. 2. Modelo UML del Paquete Hipermedial.

4.3. Elección de un formalismo

Los modelos de simulación pueden ser de gran ayuda como prototipos virtuales para obtener un diseño óptimo de un sistema particular. Se busca adaptar la utilidad de estos métodos habilitando su uso como herramienta de diseño para el DHD, de forma tal que las simulaciones puedan ser usadas, no sólo para simples predicciones, sino también para el mejoramiento de la configuración de los espacios de interacción físico-virtuales.

Cuando proponemos el DHD como sistema complejo podemos explicitar más aún su clasificación dentro de la teoría general de sistemas. Siguiendo a Kofman [111] en cuanto al formalismo de especificación (es decir diferentes formas de modelado que conducen a especificaciones continuas o discretas, ya sean en el tiempo o en las variables descriptivas), el DHD es un sistema cuyas variables evolucionan de manera discreta en una base de tiempo continua. A su vez, sobre el nivel de especificación del DHD (que surge al considerar los diferentes niveles en los cuales es posible describir el comportamiento del sistema y los mecanismos que producen ese comportamiento), conocemos la estructura del sistema, la cual nos permitirá deducir su comportamiento, por tanto, dicha especificación estructural brindará mayor información. Sobre una descripción más completa referenciamos la especificación jerárquica de sistemas, la cual se basa en consideraciones de dinámica y de modularidad, donde el DHD se encuentra en el 4^o nivel denominado "Componentes acoplados", pudiendo conocer qué componentes tiene el sistema y cómo se acoplan entre sí.

Al constatar también que una característica primordial del DHD es que las interacciones se deben a la ocurrencia asincrónica de eventos efectuados por los participantes, hemos optado por el modelado con Discrete Event System specification (DEVS) [112] [113]. Se consideró además, la gran adaptación del formalismo para modelizar sistemas complejos, y su simplicidad y eficiencia en la implementación de simulaciones.

4.4. Generalidades DEVS⁴

El formalismo DEVS fue concebido como una herramienta general de modelización y simulación de Sistemas de Eventos Discretos. DEVS permite representar cualquier sistema que experimente un número finito de cambios (eventos) en cualquier intervalo de tiempo. De esta forma, podremos ver que DEVS es en realidad un caso particular de la representación general de sistemas dinámicos, en la cual las trayectorias de entrada estarán restringidas a segmentos de eventos y la función de transición tendrá una forma especial que limitará las trayectorias de salida para que tengan idéntica naturaleza.

Un evento es la representación de un cambio instantáneo en alguna parte de un sistema. El mismo puede caracterizarse por un valor y un instante en el que ocurre.

Un modelo DEVS procesa una trayectoria de eventos de entrada y, según esta trayectoria y sus propias condiciones iniciales, produce una trayectoria de eventos de salida. Este comportamiento entrada/salida se representa en la Figura 3.



Fig. 3. Modelo DEVS general.

Un modelo DEVS atómico queda definido por la siguiente estructura:

⁴ La presente sección 4.4 sigue la traducción de [111] y [112] realizada por el Dr. Ernesto Kofman en "Introducción a la Modelización y Simulación de Sistemas de Eventos Discretos con el Formalismo DEVS", Apuntes del Curso Doctoral Modelado y Simulación de Sistemas Dinámicos, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, 2009.

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

- X es el conjunto de valores de eventos de entrada, es decir el conjunto de todos los valores que un evento de entrada puede adoptar.
- 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.

Cada posible estado s ($s \in S$) tiene asociado un Avance de Tiempo calculado por la Función de Avance de Tiempo (Time Advance Function) $ta(s)$ ($ta(s) : S \rightarrow R+0$). El Avance de Tiempo es un número real no negativo que indica cuanto tiempo el sistema permanecerá en un estado determinado en ausencia de eventos de entrada.

Luego, si el estado toma el valor $s1$ en el tiempo $t1$, tras $ta(s1)$ unidades de tiempo (o sea, en tiempo $ta(s1) + t1$) el sistema realiza una transición interna yendo a un nuevo estado $s2$. El nuevo estado se calcula como $s2 = \delta_{int}(s1)$. La función δ_{int} ($\delta_{int} : S \rightarrow S$) se llama Función de Transición Interna (Internal Transition Function).

Cuando el estado va de $s1$ a $s2$ se produce también un evento de salida con valor $y1 = \lambda(s1)$. La función λ ($\lambda : S \rightarrow Y$) se llama Función de Salida (Output Function). Así, las funciones ta , δ_{int} y λ definen el comportamiento autónomo de un modelo DEVS.

Cuando llega un evento de entrada el estado cambia instantáneamente. El nuevo valor del estado depende, no sólo del valor del evento de entrada, sino también del valor anterior de estado y del tiempo transcurrido desde la última transición. Si el sistema llega al estado $s3$ en el instante $t3$ y luego llega un evento de entrada en el instante $t3+e$ con un valor $x1$, (siendo e el tiempo transcurrido desde el evento anterior hasta el momento en que llega el nuevo evento), el nuevo estado se calcula como $s4 = \delta_{ext}(s3, e, x1)$ (notar que $ta(s3) > e$). En este caso se dice que el sistema realiza una transición externa. La función δ_{ext} ($\delta_{ext} : S \times R+0 \times X \rightarrow S$) se llama Función de Transición Externa (External Transition Function). Durante una

transición externa no se produce ningún evento de salida.

Otra principal característica del formalismo DEVS es la posibilidad de acoplar los modelos atómicos. En general (y particularmente en DEVS) hay básicamente dos tipos de acoplamiento: Acoplamiento Modular y Acoplamiento no Modular. En el primero, la interacción entre componentes será únicamente a través de las entradas y salidas de los mismos, mientras que en el segundo, la interacción se producirá a través de los estados.

Dejando de lado algunos casos especiales, en general es bastante más simple y adecuado el trabajo mediante acoplamiento modular, ya que puede aislarse y analizarse cada componente independientemente como es nuestro caso.

Una de las propiedades fundamentales del acoplamiento modular DEVS es la clausura. El cumplimiento de esta propiedad garantiza que el acoplamiento de modelos DEVS define un nuevo modelo DEVS equivalente. Esto implica que un modelo DEVS acoplado puede utilizarse a su vez dentro de un modelo más complejo de acoplamiento, dando paso a lo que se denomina acoplamiento jerárquico.

La posibilidad de acoplar modelos de manera jerárquica es lo que garantiza la reusabilidad de los mismos. Un modelo realizado como parte de otro más general, puede utilizarse en el contexto de otro modelo acoplado sin necesidad de realizar modificaciones, como haremos en las próximas secciones.

4.5. Modelo descriptivo y construcción de métricas

En la implementación y optimización del 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 los procesos de interacción desarrollados 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 los diferentes entes, y la posterior interpretación de la medida a partir de indicadores [114].

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 Olsina et al. [115] 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 sobre el tema, en este trabajo nos enfocaremos en el marco de medición y evaluación orientado a propósitos, denominado INCAMI [116] (Information Need, Concept model, Attribute, Metric and Indicator: Información relevante, Modelo Conceptual, Atributos, Métricas e Indicadores). INCAMI se fundamenta en el método WebQEM (Web Quality Evaluation Method) [117], 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 se centra en 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 denominado Paquete Hipermedial, donde se concretizan las interacciones integrándose las herramientas que pueden configurar al DHD. Atendiendo a las fundamentaciones expuestas, y en línea con el modelo tecnológico presentado al comienzo del capítulo, seguidamente describimos el modelo DEVS del Paquete Hipermedial en la Figura 4.

De esta manera se observa que el vector evento de entrada estará determinado

por las características de las interacciones de los participantes, y como evento de salida se obtendrá el nivel de interactividad para cada participación.

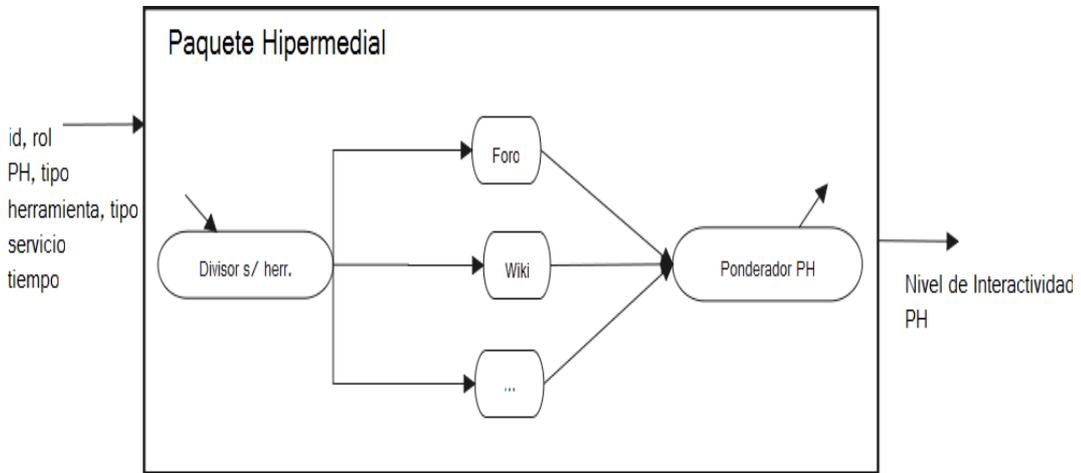


Fig. 4. Modelo descriptivo de los módulos acoplados que integran un PH.

Si se postula que los Paquetes Hipermediales son los componentes conceptuales básicos del Dispositivo Hipermedial Dinámico entonces se deben integrar para obtener el nivel total de interactividad de cada participación. La Figura 5 nos muestra el esquema completo:

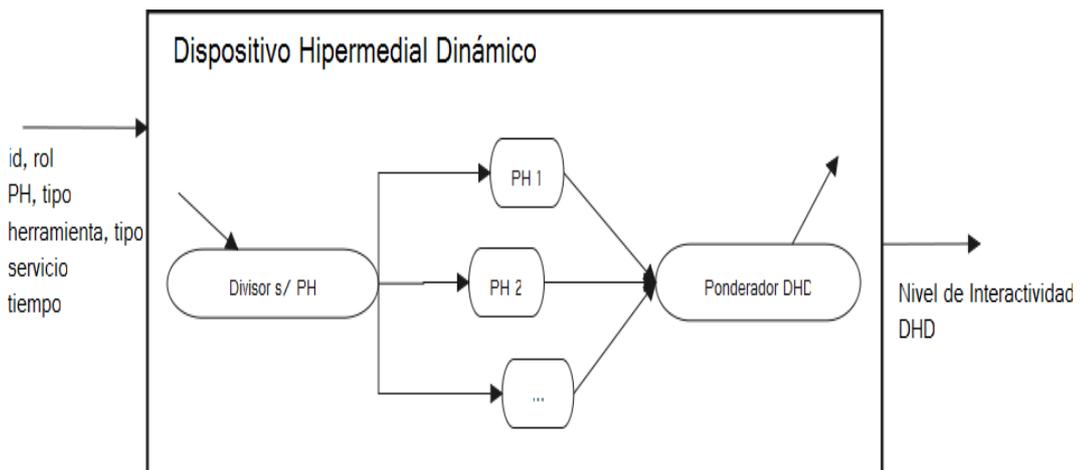


Fig. 5. Modelo descriptivo de los módulos acoplados que integran un DHD.

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: número de identificación (id) del participante, rol del este, 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 tiempo, día y hora de la interacción.

La fase siguiente corresponde al diseño e implementación de la medición. Este módulo se enfoca en 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. Estas 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, se desprende 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 la construcción de la 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.

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 [118] se usaron pesos y modelos de puntuación multi-criterio (consenso) para designar y ajustar procesos. De esta manera se definió un modelo de ponderación (o puntuación) multi-criterio (o por consenso) como Logic Scoring of Preference (LSP) [119], en conjunción con propiedades de sincronización, neutralidad, reemplazabilidad y otras relaciones, agregando operaciones basadas en el modelo matemático de pesos.

El principal objetivo de la implementación de la evaluación global es permitir mayores niveles de flexibilización para los valores de los indicadores globales y parciales. Esto se logra a partir de los valores de indicadores elementales y 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 sólo buscan mostrar un ejemplo de aplicación simple, y han sido consensuados con especialistas del área educativa del equipo de investigación. El responsable de la evaluación puede dar valor a los diversos coeficientes subrayando aquel atributo que considere más importante en el proceso. En cada caso, el valor resultante brinda una medida sobre el grado de interactividad de la participación.

Métrica de la herramienta H

Se construye por un producto de cuatro coeficientes:

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

Esos cuatro coeficientes estarán en relación a:

Tipo de herramienta

De formato transmisor (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:

$$\text{Nivel Interactividad de la participación en el PH} = B1 * B2 * B3$$

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

$$\text{Si es menos de un día. } B2 = 3$$

$$\text{Si es menos de una semana. } B2 = 2$$

$$\text{Si es más de una semana. } B2 = 1$$

Cantidad de herramientas utilizadas

$$\text{Si utiliza tres o más herramientas. } B3 = 3$$

$$\text{Si utiliza dos. } B3 = 2$$

$$\text{Si utiliza una. } B3 = 1$$

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:

$$\text{Nivel Interactividad de la participación en el DHD} = A1 * A2$$

El valor de estos dos coeficientes será:

Nivel Interactividad de la participación en el PH

$$A1 = B1 * B2 * B3$$

Tipo de Paquete Hipermedial

$$\text{Si es un curso. } A2 = 1$$

Si es un documento electrónico dentro de un Repositorio Hipermedial. A2 = 2

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 a los requerimientos propuestos. 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 del valor obtenido.

4.6. 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 así un posterior indicador del cambio contextual de los participantes.

Recordando que 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, es decir el conjunto de todos los valores que un evento de entrada puede adoptar.
- 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, dado que se están evaluando los eventos de entrada, que son

justamente las interacciones de los diversos actores. 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.

Modelo DEVS de una herramienta

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 Hipermedial sobre el cual participa, tipo de PH, herramienta sobre la cual realiza la interacción, tipo de herramienta, servicio con el cual interactúa, y 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.

Modelo DEVS acoplado de un PH

Como vimos anteriormente (ver Figura 4) 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 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 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.

Modelo DEVS acoplado del DHD

De la misma manera el DHD integra los PH, y suma a su vez dos módulos atómicos adicionales (ver Figura 5).

El primero que denominaremos divisor DHD, será el encargado de redireccionar los eventos a cada PH perteneciente al DHD. Y el ponderador DHD, 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 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 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.

De esta forma obtuvimos los datos necesarios para la construcción de cada

módulo atómico DEVS que constituye al Dispositivo Hipermedial Dinámico.

Detalles correspondientes a la implementación de las funciones de transición externa que incorporan las métricas a los modelos atómicos DEVS, se presentan en el anexo B.1. Pseudocódigo para la simulación en DEVS I.

4.7. Simulación del DHD

Una de las características más salientes de DEVS es que permite que modelos muy complejos puedan simularse de una manera simple y eficiente [120]. En los últimos años se han desarrollado muchas herramientas de *software* dedicadas a la simulación de modelos DEVS. Algunas de esas herramientas cuentan con librerías, interfaces gráficas y muchas otras facilidades para el usuario. Varias herramientas son también gratuitas, y entre las más populares se encuentran DEVS-Java [121] y DEVSim++ [122].

Particularmente en nuestro caso utilizaremos una herramienta desarrollada en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario, y que además de ser un entorno de propósito general de simulación DEVS, tiene características salientes que la hacen especialmente apta para la simulación e implementación de sistemas en tiempo real. Como mencionamos anteriormente se llama PowerDEVS [123] y su desarrollo inicial comenzó como un Proyecto Final de la carrera de Ingeniería Electrónica.

Más allá de estas herramientas, los modelos DEVS pueden también simularse mediante un programa ad-hoc muy sencillo escrito en cualquier lenguaje. De hecho, la simulación de un modelo DEVS no es mucho más complicada que la simulación de un modelo de Tiempo Discreto. El único problema es que en este caso hay modelos que están compuestos por muchos subsistemas y la programación ad-hoc puede transformarse en una tarea muy tediosa [124].

En la Figura 6 se muestra, a modo de ejemplo general, en el entorno de

simulación PowerDEVS los modelos acoplados de un DHD integrado por treinta PH, que a su vez poseen treinta herramientas cada uno. En el capítulo seis se presentará un caso de uso completo.

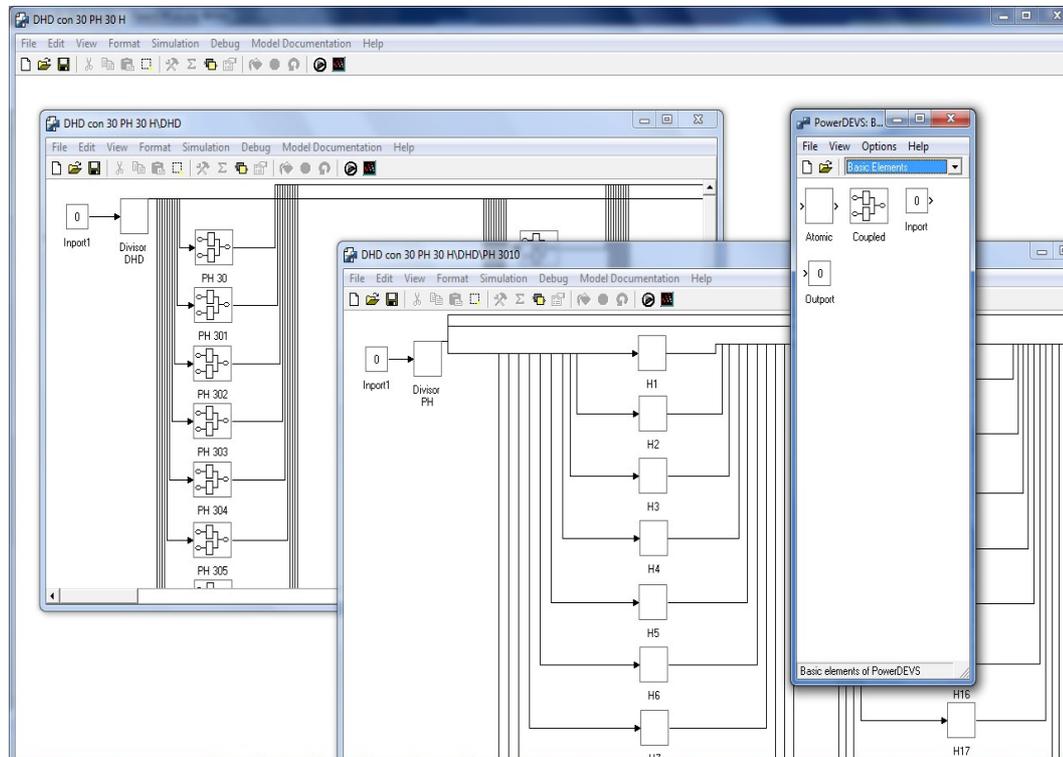


Fig. 6. Implementación del Modelo DEVS del DHD en el entorno de simulación PowerDEVS.

De esta manera, fundamentados en el marco sistémico del DHD, propusimos un desarrollo e implementación de métricas dentro de un modelo 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. Como resultado, brinda información calificada y aporta 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.

Los próximos dos capítulos se enfocarán al desarrollo de una herramienta de evaluación integrada y de código abierto, que otorgue mayor flexibilidad a los componentes tecnológicos que pueden configurar al DHD para la construcción y diseminación de conocimiento.

Modelo de integración para la componente contrato

5.1. *Hacia sistemas sensibles al contexto*⁵

Entre la diversidad de propuestas de diseño de entornos colaborativos y de herramientas de la WEB 2.0, y en función de proponer una solución al segundo requerimiento con el cual finaliza el capítulo tres, existen diferentes variantes tecnológicas. Una de ellas que actualmente se encuentra en una fase experimental e investigativa es la incorporación de una pieza de *software* denominada “contrato” [125]. La misma debe ser ubicada reflexivamente en el sistema por los responsables de los procesos de educar, investigar, producir y gestionar, a la hora de diseñar e implementar el espacio para potenciar los niveles de interacción del DHD [126].

Se conceptualiza a un entorno colaborativo sensible al contexto (*context-aware*) como una aplicación provista de mecanismos que permiten una mejor adaptación de los servicios, a partir del contexto de los usuarios y del propio entorno. En estos ambientes que responden a la arquitectura orientada a servicios, los servicios forman parte de las funcionalidades observables que proveen las herramientas (*wiki, blog, foros, recursos, etc.*) desde la perspectiva de los usuarios (alumno, docente, investigador, etc.).

Los elementos que componen la caracterización del contexto deben pertenecer a un dominio bien definido, manteniendo ciertos niveles de concordancia con los mecanismos encargados de manipularlos y la toma de decisiones en base a ellos.

A través de un simple diagrama es posible observar algunas de las

⁵ Este desarrollo es trabajo original del Lic. Alejandro Sartorio y pertenece a su tesis doctoral “Contratos sensibles al contexto para el Dispositivo Hipermedial Dinámico”. Doctorado en Informática. Facultad de Informática. Universidad Nacional de La Plata. Director: Dr. Gustavo Rossi, Codirectora: Dra. Patricia San Martín.

características fundamentales que determinan a estos sistemas sensibles al contexto. En la Figura 7, se describe en una arquitectura, básica y genérica, tres tipos de niveles, cada uno agrega nuevos rasgos y comportamientos que condicionan los servicios hacia un nuevo modelo [127].

La Figura está dividida en tres bloques fundamentales, en el primero (*Sistema convencional*) se muestran los principales componentes y relaciones. Fundamentalmente un participante puede interactuar con las herramientas y servicios del sistema y comunicarse con sus pares.

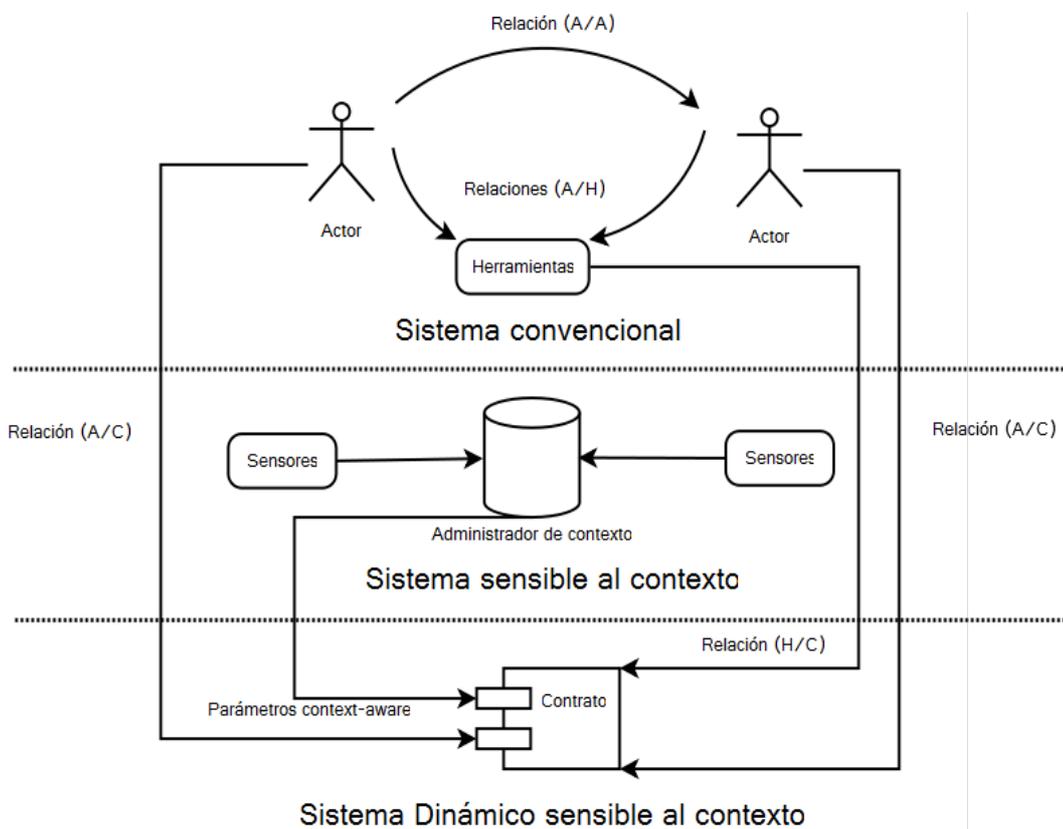


Fig. 7. Arquitectura conceptual de un Sistema Dinámico sensible al contexto.

El segundo bloque de la Figura (*Sistema sensible al contexto*) contiene el agregado de dos componentes esenciales: los sensores y un administrador de contexto. Los sensores capturan información del usuario y del entorno para la

recolección de información. El administrador de contexto posee las siguientes funcionalidades: recolección, abstracción, interpretación, comunicación, y almacenamiento.

Para implementar comportamientos sensibles al contexto, los diseños de *software* deben completarse con diferentes modelos. Para nuestro caso, la solución se focaliza en la tecnología de comunicación e información que utilizan los usuarios. MatchBase [128], una herramienta para el desarrollo de comunicaciones sensibles al contexto, es un proyecto de referencia en cuanto al uso de estas tipologías de diseño y tecnología. Fue trasladado por Schmidt [129] como experiencia a proyectos de investigación de sistemas *e-learning*.

Pensar en aplicaciones tecnológicas para el DHD dentro de este marco teórico conforma un nuevo paradigma, donde las relaciones rotuladas con *Relación (fuente/destino)* en la Figura 7, cobran un mayor protagonismo en la concepción de los marcos conceptuales propuestos como soluciones a nuevos requerimientos para el contexto físico-virtual.

Retomando la evolución referida a la adaptación de modelos para requerimientos complejos, el último bloque de la Figura (*Sistema Dinámico sensible al contexto*) representa un modo de interpretación de una nueva configuración de la arquitectura, debido a la interposición de la componente contrato. Este nuevo elemento permite una mejor articulación de las relaciones, resultando una nueva teoría que proporciona conceptualmente un marco innovador para las prácticas de diseño, desarrollo, uso, y aplicación en redes sociotécnicas.

El contrato debe ser visto como una alternativa de abstracción de las relaciones mencionadas, determinando un nuevo tipo de relación que mantiene las características de los anteriores bloques de la Figura, y además reduce la complejidad de los modelos sensibles al contexto en la adaptación de los servicios.

Los contratos se nutren con información del contexto por medio de sus parámetros. No intervienen en la recolección, ni en la abstracción, ni en la distribución del contexto y en principio pueden ser adaptados a cualquier modelo sensible al contexto similar, bajo la perspectiva propuesta por Dey [130].

5.2. La componente contrato

Como observamos en la Figura 7, el bloque intermedio se configura como articulador entre los sistemas tradicionales y las nuevas posibilidades tecnológicas que permiten la configuración y concreción más efectiva del Dispositivo Hipermedial Dinámico, con el agregado en este caso de la componente contrato.

Conceptualizar al contrato [131] como una componente de primera clase, donde las demás componentes que lo relacionan dependen de su funcionamiento, nos brindará una visión más completa orientada a la arquitectura y a la conexión entre sus componentes. Pensar el contrato como una pieza de conexión nos permitirá incorporar (conectar) nuevos modelos independientes a los llamados *frameworks e-learning*.

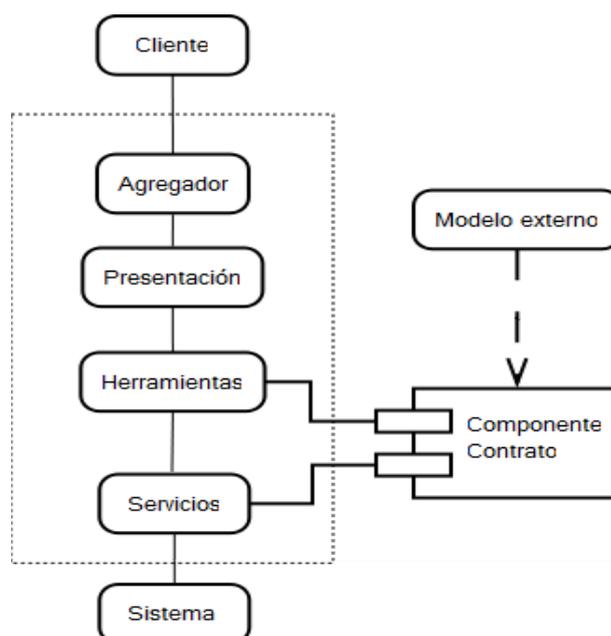


Fig. 8. El contrato como conector.

En la Figura 8 se presenta la integración de un modelo externo con un *framework e-learning* por medio de un conector referenciado con el nombre

Componente Contrato.

La componente *Modelo externo* representa una entidad y puede ser un modelo conceptual, una herramienta, un *applets* (es decir un componente de una aplicación que se ejecuta en el contexto de un navegador Web), un API (Application Programming Interface: interfaz de programación de aplicaciones), o cualquier sistema independiente que cumpla con la funcionalidad de brindar información de contexto para ser incorporada en la semántica de la *Componente Contrato*.

Las *Herramientas* y *Servicios* que componen el *framework e-learning* son los puntos de comunicación con la *Componente Contrato*.

Luego, la entidad *Sistema* representa el ambiente del servidor donde se encuentra el entorno. Este entorno abarca servidores Web, servidores de base de datos, sistemas operativos, archivos y repositorios de recursos, sistemas institucionales, etc. (como ya señalamos en el Capítulo 3). La mayoría de los clientes deben ser estándares (similares a Web Browsers), y las salidas de las aplicaciones deben poder ser presentadas a los clientes usando lenguaje de marcas tipo HTML [132].

El uso de contratos parte de la noción de Programación por Contrato ("Programming by Contract") de Meyer [133], basada en la metáfora de que un elemento de un sistema de *software* colabora con otro, manteniendo obligaciones y beneficios mutuos. En nuestro dominio de aplicación consideraremos que un objeto cliente y un objeto servidor "acuerdan" a través de un contrato, representado con un nuevo objeto, que el objeto servidor satisfaga el pedido del cliente, y al mismo tiempo el cliente cumpla con las condiciones impuestas por el proveedor. A su vez las decisiones de comportamiento partirán de los condicionales de las acciones de los contratos.

El contrato puede ser configurado por medio de diferentes mecanismos, desde el lenguaje cotidiano hasta un lenguaje de especificación formal, o un lenguaje basado en XML [134] para los casos que sean necesarias especificaciones que puedan ser procesadas por máquinas.

En la Figura 9 se pueden observar, los elementos conceptuales básicos de

esta componente a través de una serie de elementos en relación. Para una mejor comprensión de las componentes del modelo explicitaremos a continuación su caracterización y funciones particulares:

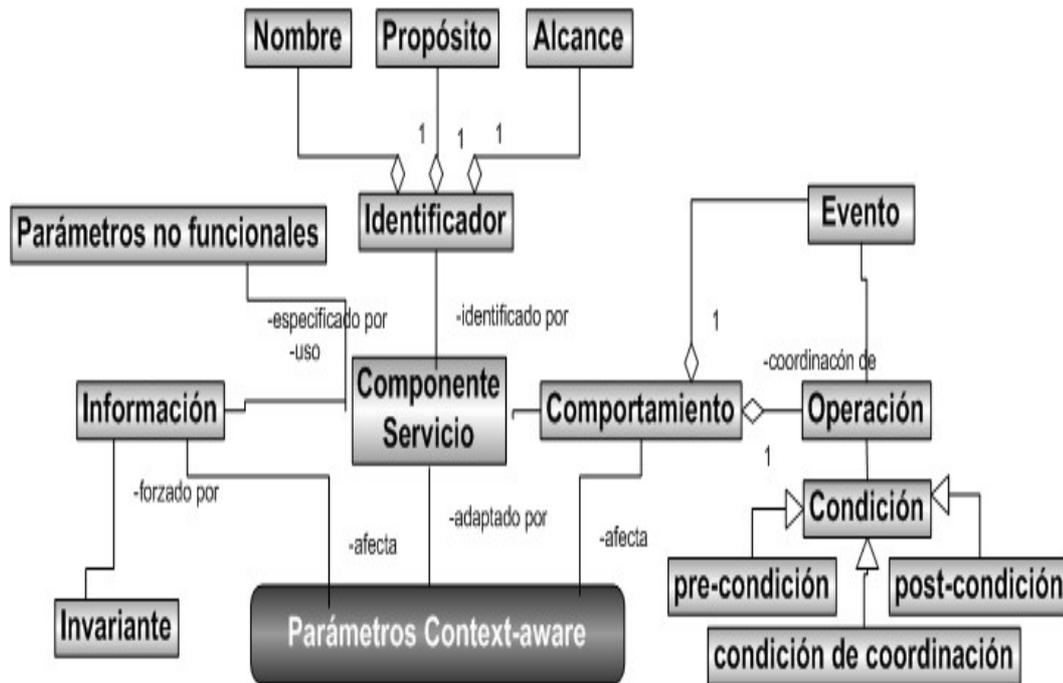


Fig. 9. El contrato y sus relaciones.

- *Identificador*: una *Componente Servicio* es identificada para un determinado contexto por un único nombre.
- *Comportamiento*: de acuerdo con los roles asignados en un determinado contexto, una *Componente Servicio* expone comportamientos correspondientes a provisión y pedido de operaciones, y/o publicaciones y recepción desde/hacia cada contexto. Las operaciones pueden ser definidas en dos tipos: operaciones que ejecutan cálculos o transformaciones (tipo *update*) y operaciones que proveen algún tipo de información sobre consultas (tipo *query*). Estas últimas, se encuentran enteramente especificadas en base a un contrato con el uso de los mecanismos de coordinación como son las pre-condiciones, post-condiciones, y condicionales. En las condiciones de

coordinación se especifican cómo requerir y proveer operaciones, así como también son coordinados los eventos publicados y recibidos en los momentos adecuados. Para lograr una comunicación precisa con una *Componente Servicio*, no sólo se tiene en cuenta qué operación fue provista o requerida y cómo el ejecutor ha lanzado el evento apropiado, sino también, cómo todas esas actividades están mutuamente relacionadas para ser aprovechadas por el objeto consumidor. Un evento del contexto que lanza una operación dada, puede ser parte de un conjunto de pre-condición, mientras que un evento emitido a través de una exitosa operación puede ser parte de una post-condición. Las operaciones provistas y requeridas por la *Componente Servicio* deben estar asociadas, a fin de determinar las operaciones que deben ser completadas antes de la activación de un servicio.

- *Información*: una *Componente Servicio* debe manejar, usar, crear o tener cierta información de recursos con el propósito de proveer servicios adecuadamente. Este elemento del contrato define el tipo de información relevante para las componentes asociadas al contrato, así como también restricciones y reglas. Esto representa un modelo de información lógica.
- *Parámetros no funcionales*: una *Componente Servicio* puede definir un conjunto de parámetros no funcionales que caracterizan a la “calidad” de sus prestaciones dentro de un determinado contexto. Estos parámetros, son elementos para los consumidores de los servicios que permiten optar por el uso de un determinado servicio, o buscar otro con el mismo o similar contrato. Como ejemplo de parámetros no funcionales podemos mencionar: *Performance*, Fiabilidad, Tolerancia a Fallos, Costos, Prioridad, y Seguridad.
- *Parámetros Context-Aware*: una *Componente Servicio* depende del contexto de su actual entorno. La misma, para utilizarse en diferentes contextos logrando la adaptación a eventuales cambios debe tener definido un conjunto de parámetros de configuración. Estos parámetros pueden ser enviados dentro de las invocaciones de las operaciones de los servicios, o por medio de otros caminos, mediante componentes de servicios que pueden adaptar su

comportamiento ante el cambio de contexto en una determinada situación. La configuración de parámetros está directamente asociada a las relaciones de las operaciones de los servicios para lograr una mejor adaptación a la medida de las circunstancias brindada por la información relevada del contexto.

En términos generales, la coordinación de contratos [135] es una conexión establecida entre un grupo de objetos (en nuestras consideraciones, un objeto cliente y un determinado servicio), donde reglas, normas y restricciones son superpuestas entre los actores participantes, estableciendo con un determinado grado de control las formas de interrelación.

El tipo de interacciones establecidas entre las partes es más satisfactoria que las que se pueden lograr con UML [136], o lenguajes similares (Orientados a Objetos), debido a que éstas contienen un mecanismo de superposición donde se toma como argumento los contextos. Cuando un objeto cliente efectúa una llamada a un objeto suministro, el contrato “intercepta” la llamada y establece una nueva relación teniendo en cuenta el contexto del objeto cliente, el del objeto servidor, e información relevante adquirida y representada como contexto del entorno. Como condición necesaria, la implementación de los contratos no debe alterar el diseño y funcionalidad en la implementación de los objetos.

El tipo de tecnología y forma de implementación de los contratos es transparente para los objetos que consumen los servicios en donde se encuentran involucrados. La configuración de un elemento contrato que forma parte de las componentes de un servicio, representa la información necesaria del mismo para ser utilizado por el invocador, sin necesidad que el objeto invocador tenga detalles de la ejecución.

De esta forma, el contrato representa una enriquecida y efectiva interfaz de construcción que contiene toda la información sobre las componentes de los servicios y alguna información de contexto para su utilización.

5.3. Implementación de la componente contrato y los Condicionales DEVS

En este sentido, en entornos colaborativos y herramientas de la WEB 2.0 se plantea, a modo de ejemplo, la situación en que un usuario (cliente) utiliza un servicio de edición (servidor) que garantizará las siguientes condiciones: el usuario debe poder editar por ejemplo, aquellos mensajes de un foro que tiene autorización según su perfil (obligación del proveedor y beneficio del cliente) y el proveedor debe tener acceso a la información del perfil del usuario (obligación del cliente y beneficio del proveedor).

A partir de la conceptualización del contrato se propone una extensión por medio del agregado de nuevas componentes para instrumentar mecanismos que permitan ejecutar acciones dependiendo del contexto. En estas aplicaciones [137], el contexto (o información de contexto) es definido, según lo expuesto, como la información que puede ser usada para caracterizar la situación de una entidad más allá de los atributos que la definen. En términos generales, la coordinación de contratos es una conexión establecida entre un grupo de objetos influida por condicionales que representan parte de la lógica de adaptación.

Siguiendo con el ejemplo mencionado, cuando un objeto cliente efectúa una llamada a un objeto servidor (el servicio de edición de la herramienta foro), el contrato "intercepta" la llamada y establece una nueva relación teniendo en cuenta el contexto del objeto cliente, el del objeto servidor, e información relevante adquirida y representada como contexto del entorno. En este trabajo en los condicionales de las reglas se representa diferente tipo de información de contexto con distinto grado de representación y abstracción, donde se requieren mecanismos de inferencias basados en la recolección, representación y simulación.

En el diagrama de relaciones entre entidades mostrado en la Figura 10, se describen los elementos que componen el concepto de contrato sensible al contexto donde se tiene participación de los Condicionales DEVS [138]. Estos condicionales

incorporan información a través de la evaluación realizada por el modelo DEVS que integra las métricas ya desarrolladas en el Capítulo 4.

La Figura comienza con la representación de un contrato donde se caracterizan los principales elementos que lo componen (*pre-condiciones, acciones, post-condiciones*). La flechas salientes de la zona gris indican los dos tipos de relaciones (*acción-servicio e invariante-contexto*) que se deben instrumentar para incorporar un mecanismo que provea a los contratos de la característica de sensibilidad al contexto. En la porción derecha aparecen las entidades necesarias para obtener contratos sensibles al contexto.

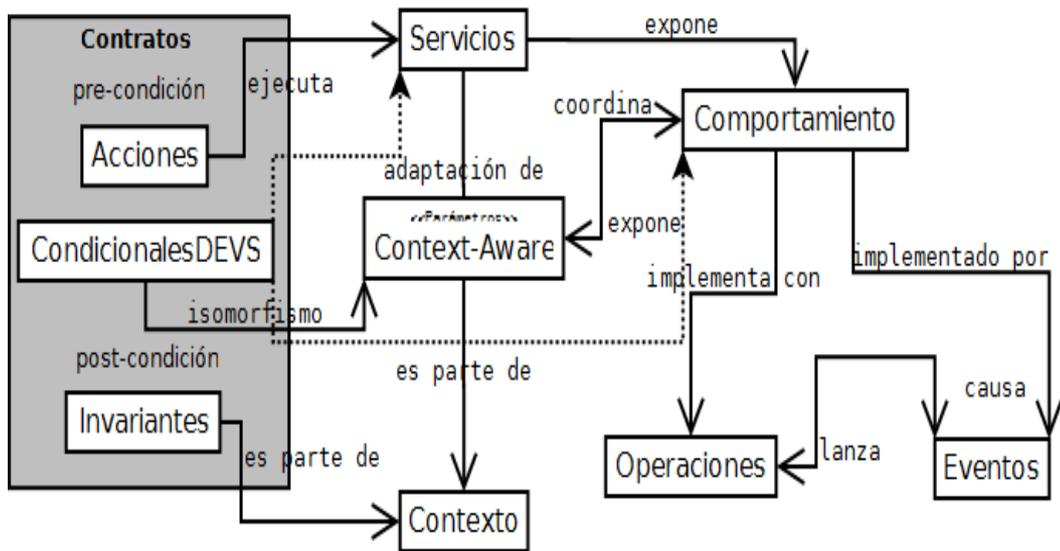


Fig. 10. Diagrama de relaciones entre los contratos y los Condicionales DEVS.

A continuación se describen cada uno de los elementos y su relación con los condicionales de las acciones:

- *Servicios*: en esta componente se representan los elementos necesarios para la identificación y clasificación de los servicios que pueden formar parte de las acciones de los contratos. Por ejemplo, nombre del servicio, identificadores, alcance, propósito, etc. En este caso, existe una relación indirecta con los

Condicionales DEVS establecida por la relación ejecutar entre la acción del contrato y el servicio.

- *Comportamiento*: el comportamiento de un servicio se logra a partir de combinar operaciones y eventos que son representados con las componentes *Operaciones* y *Eventos*. Por ejemplo, de acuerdo con los roles asignados a un usuario de una herramienta involucrado en un determinado contexto del entorno y del usuario, la componente *Servicios* brinda distintas funcionalidades, que son instrumentadas por medio de operaciones concretas y/o a través de la publicación o suscripción de eventos. Aquí se establece una relación directa con los Condicionales DEVS teniendo en cuenta todas las acciones que dependan de valoraciones influidas por el contexto, representadas por la simulación a través del modelo DEVS.
- *Parámetros Context-Aware*: se denomina *Parámetros Context-Aware*, siguiendo la definición anterior, a la representación de la información de contexto que forma parte de los parámetros de entrada de las funciones y métodos exportados por los *Servicios*, estableciendo de esta manera una relación entre el componente *Servicios* y el componente *Parámetros Context-Aware*. Existe una relación isomórfica (de la misma estructura) entre los valores usados en los Condicionales DEVS y los elementos del conjunto de *Parámetros Context-Aware*.
- *Contexto*: Para nuestro modelo este tipo de información es utilizada de dos maneras diferentes: en primer lugar para la asignación de los valores que toman los *Parámetros Context-Aware*, y en segundo lugar esta información puede ser utilizada para definir las *Invariantes* que se representan en los contratos. Nuevamente se establece una relación indirecta entre los Condicionales DEVS y el contexto, mediada por su representación como elemento de los *Parámetros Context-Aware*.

A continuación a través de un diagrama UML [139] se definen las clases utilizadas en la implementación de los Condicionales DEVS dentro de las reglas de

los contratos, donde se mantienen las propiedades e influencias (relaciones entre elementos conceptuales) descritas en la Figura anterior.

De esta forma, la Figura 11 describe los elementos y relaciones relevantes en la creación de condicionales inferidos por las métricas de interacción implementadas en un modelo de simulación DEVS integrado.

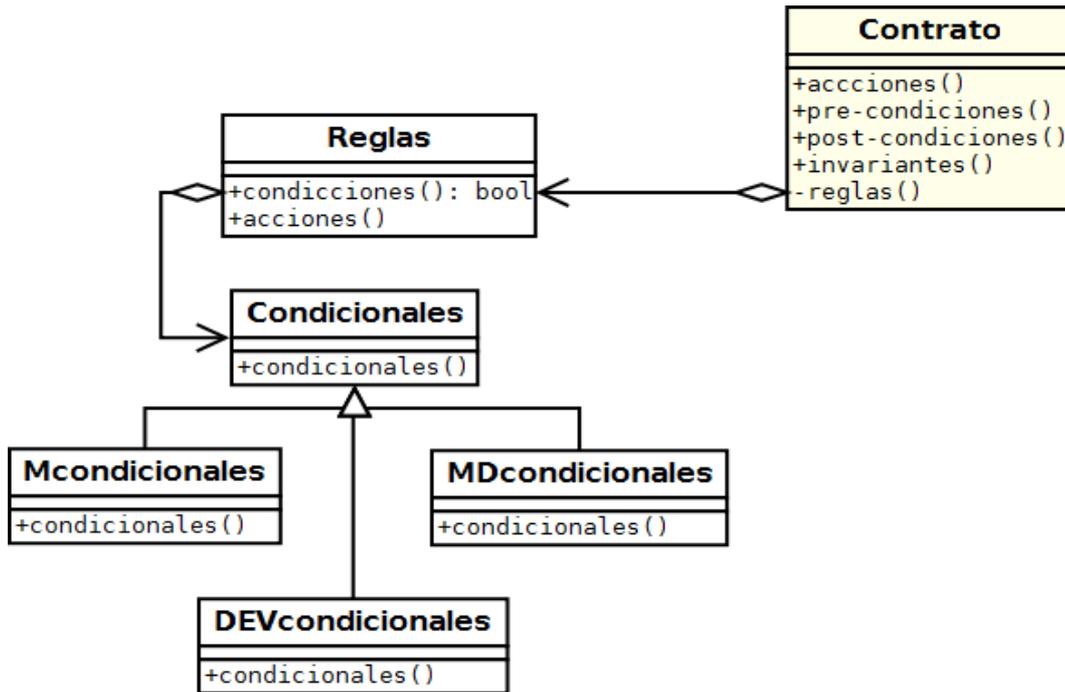


Fig. 11. Clases utilizadas en la implementación de los Condicionales DEVS.

Cabe recordar en primera instancia, que una de las propiedades de las reglas de los contratos es la posibilidad de definir comportamientos a través de parámetros *context-aware*. De esta manera, las reglas forman parte de un mecanismo de agregación encargado de la composición de diferentes tipos de condicionales, entre ellos los Condicionales DEVS conectados a los métodos que implementan las métricas definidas particularmente para la simulación de interacciones. Las otras dos familias de condicionales representadas por las clases *Mcondicionales* y *MDcondicionales* se comportan de manera similar teniendo en cuenta el mismo modelo de integración propuesto [140].

A continuación se describen los aspectos principales que se tuvieron en cuenta en la integración de los anteriores sistemas de coordinación de contratos sensibles al contexto y las extensiones de condicionales.

5.4. Modelo conceptual de integración

Para implementar la invocación de métricas mediante métodos correctos, propusimos desde la perspectiva del diseño e implementación computacional, un modelo de integración de muy bajo costo, sin cambios sustanciales, ni en la arquitectura original, ni en el código de la implementación dentro de la aplicación modificada para la coordinación de contratos sensibles al contexto [141].

Por medio de un diagrama UML [142], se representa un modelo general de integración, teniendo en cuenta experiencias para sistemas similares vinculadas al agregado de nuevas componentes [143].

La integración se produce mediante la conexión de las reglas, a través de sus condicionales, con una métrica representada con un método. A su vez, la métrica es interpretada por un modelo DEVS diseñado para devolver valores de simulación [144]. El modelo conceptual de métrica, que ya se expuso, pertenece al Modelo INCAMI [145].

En la Figura 12 se puede observar, representadas con colores diferentes, cada una de las áreas mencionadas. Además, se muestra que la principal componente para lograr la integración está representada por la incorporación de una relación de agregación entre la componente *Contrato* y la entidad *Método*.

Los condicionales de las reglas de los contratos son invocados por medio de un mecanismo de *callback* que permite la correcta invocación de la métrica (utilizando un método explícito relacionado con la noción de los Condicionales DEVS, por ejemplo, *getForum_theme*). La primera fase de la misma, corresponde a la definición y especificación de requerimientos. Este módulo trata con la definición de la necesidad de información (ya explicada en el Capítulo 4) y el diseño de los requerimientos no

funcionales, que servirán como guías para las actividades posteriores de medición y evaluación. 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 (PH) sobre el cual participa, tipo de PH, herramienta sobre la cual realiza la interacción, tipo de herramienta, servicio con el cual interactúa y tiempo, día y hora de la interacción.

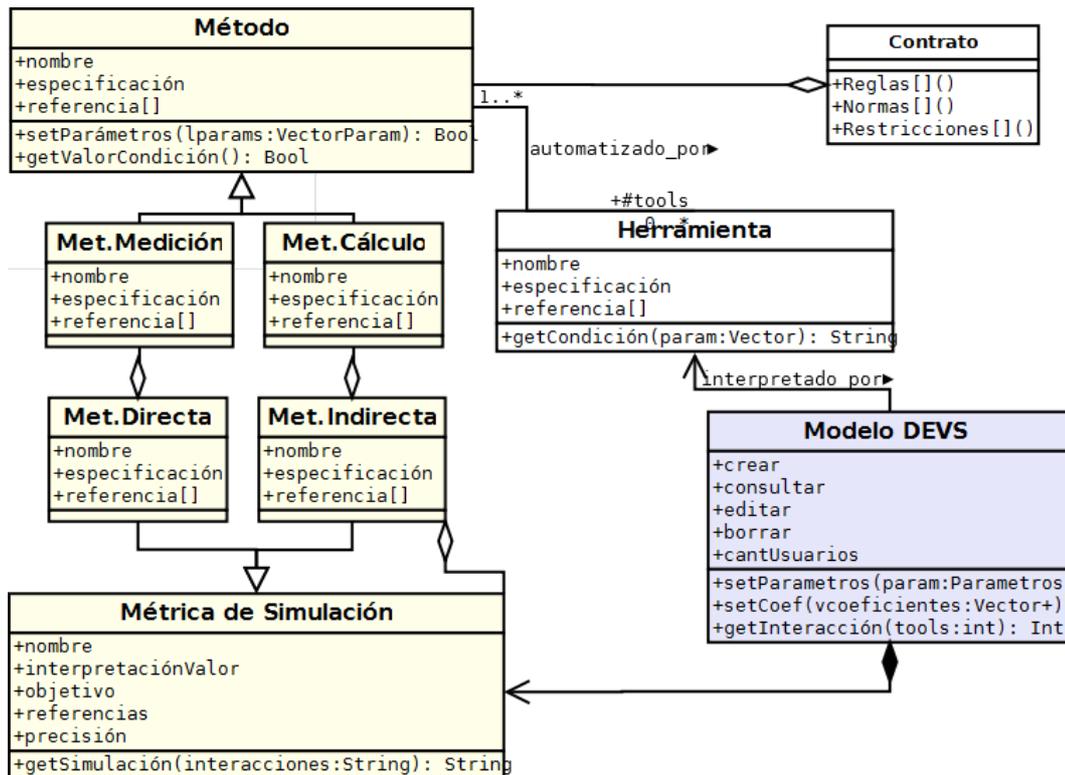


Fig. 12. Modelo conceptual de integración.

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. El seteo de los coeficientes serán establecido a través de la interfaz *setCoef*, de la clase *Modelo DEVS*. El responsable de la

evaluación pueda dar valor a los diversos coeficientes subrayando aquel atributo que considere más importante en el proceso.

El valor resultado del módulo de simulación brinda una medida sobre el grado de interactividad de la participación. Este se obtiene a través de la interfaz *getInteracción*, que toma como argumento en este caso un número entero que identifica la herramienta.

Por último mencionamos que la interfaz *setParametros* de la clase *Modelo DEVS* queda reservada para posibilitar diferentes relaciones algebraicas dentro de la métrica, potenciando el nivel de expresión de la misma.

La interpretación y manipulación de los resultados obtenidos en el *Modelo DEVS* del nivel de interactividad para cada participación está a cargo de una herramienta representada por la clase *Herramienta*. A su vez, la herramienta es la encargada de brindar la información necesaria sobre los parámetros que necesita la clase *Método* que es utilizada como argumento de la función *setParámetros*. El método *getValorCondición* representa los valores de verdad del condicional que formará parte de la regla explícita representada por el método *Reglas* de la clase *Contrato*.

Técnicamente la *Herramienta* es una aplicación que respeta la arquitectura de los entornos colaborativos y herramientas de la WEB 2.0, teniendo en cuenta el acceso a los servicios base del *framework* que permitirá el registro de la aplicación como herramienta del propio entorno.

5.5. Los aportes

Lo propuesto abre un camino cierto hacia sistemas colaborativos con alto grado de flexibilidad. Se ha desarrollado la posibilidad de extender las propiedades expresivas de las reglas de coordinación de contratos a partir de los resultados de un mecanismo externo, configurando un componente del DHD. De esta forma, se obtiene un nuevo mecanismo para la escritura de las reglas de los contratos que permitirá

ahorrar esfuerzo en el diseño de los condicionales que verifiquen información de contexto parametrizado.

Sumado a esto, se evita la necesidad conocer las leyes (diseño) de las métricas y su implementación, siendo suficiente tener información sobre la definición de los coeficientes que participan en la métrica.

En el próximo capítulo, a través de un caso de uso se abordará la implementación del modelo de integración propuesto que permite incluir nueva información de contexto a las reglas.

Herramienta integrada SEPI-DHD

6.1. Una primera experiencia

En el trayecto de este capítulo se exponen las implementaciones exploratorias que han posibilitado concretar la primera versión experimental de una herramienta integrada para el Seguimiento y Evaluación de Procesos de Interactividad-DHD (SEPI-DHD). Esta tecnología desarrollada por el autor, da cuenta del marco teórico, metodológico y tecnológico presentado a lo largo de esta tesis doctoral.

El primer caso de uso realizado fue resuelto paso a paso como prueba experimental. Para su desarrollo, tal como fue expuesto en el Capítulo 4, se seleccionó el entorno PowerDEVS [146] para realizar la simulación del modelo DEVS.

En la Figura 13, observamos la implementación de un Paquete Hipermedial de diez herramientas genéricas (este número radica en la cantidad de herramientas utilizadas en el curso tomado como ejemplo para efectuar el análisis). Se le agregan a la estructura de las herramientas tres módulos atómicos adicionales. El primero *Generador desde archivo* lee la base de datos codificada en una plantilla del registro de actividad obtenido de la base de datos. El segundo es un módulo de dibujo que integra el Scilab [147] (INRIA, ENPC) denominado *GNUPlot*, que tiene como finalidad mostrar gráficamente el grado de interactividad para cada participación. El último *TO DISK* guarda dichos valores de interactividad en un archivo. A continuación explicitaremos con más detalle todos los módulos atómicos intervinientes, incluidos estos tres agregados.

El primer módulo (*Generador desde archivo*⁶) leerá los datos de información de entrada y los enviará a cada instante de tiempo (en nuestro caso dado que la métrica no lo requiere, los espacios de tiempo serán de valor constante igual a uno). La información tendrá el formato de un vector de tres componentes (número de identificación de usuario (id), la herramienta solicitada y la acción o servicio invocado).

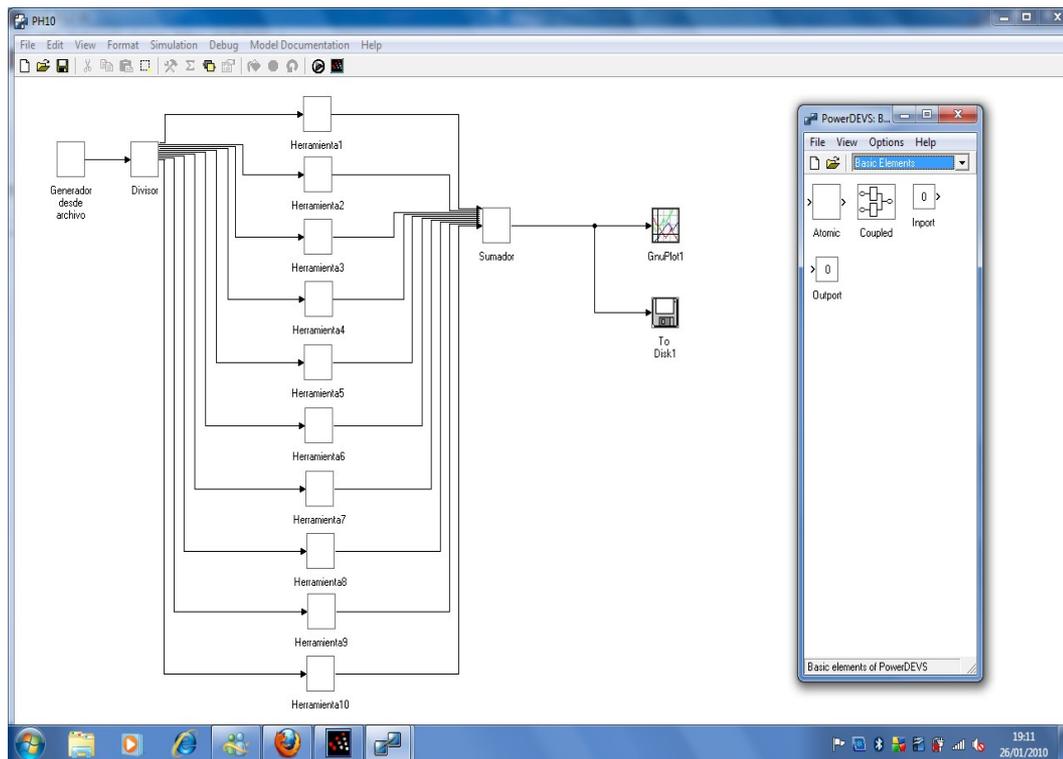


Fig. 13. Modelo DEVS de un PH de diez herramientas en el entorno PowerDEVS.

El segundo (modelo atómico del *Divisor*) tomará dicho vector y lo direccionará a las diversas herramientas dependiendo del número existente en la segunda componente.

El tercero (modelo atómico de la *Herramienta*) recibirá la información (el mismo vector completo) y a partir de una métrica experimental nos dará el grado de

⁶ En el anexo B.2. Pseudocódigo para la simulación en DEVS II se especifica el pseudocódigo correspondiente a la función de transición interna.

interactividad de dicha participación.

El cuarto (modelo *Sumador*) tendrá la labor de recopilar esa información dando como salida un valor total del nivel de interactividad del PH, que será graficado por el quinto módulo del *GNUPlot* (visión sinóptica), y guardado en un archivo por el sexto módulo *TO DISK*⁷ para su posterior utilización en la determinación del cambio contextual y funcionalidad de la pieza de *software* contrato.

Partimos en este ejemplo, de la herramienta Registro de Actividad de la plataforma colaborativa de código abierto MOODLE [148] que se observa a través de la captura de pantalla de la Figura 14. Dicho ambiente, es una de las tecnologías utilizadas por el Campus Virtual de la Universidad Nacional de Rosario [149].

Fecha	Dirección IP	Nombre completo	Acción	Información
jue 19 de noviembre de 2009, 15:54	186.124.250.45	Patricia Silvana San Martin	course report log	Metodología Educativa Musical 2009
jue 19 de noviembre de 2009, 15:54	186.124.250.45	Patricia Silvana San Martin	course view	Metodología Educativa Musical 2009
mié 18 de noviembre de 2009, 11:30	192.168.100.12	Marisa Cenacchi (Asesora)	resource view	Apuntes sobre métodos.
mié 18 de noviembre de 2009, 11:30	192.168.100.12	Marisa Cenacchi (Asesora)	resource view	Apuntes sobre métodos.
mié 18 de noviembre de 2009, 11:29	192.168.100.12	Marisa Cenacchi (Asesora)	wiki view	Método Dalcroze: Método Dalcroze
mié 18 de noviembre de 2009, 11:29	192.168.100.12	Marisa Cenacchi (Asesora)	wiki view	Método Dalcroze: Método Dalcroze
mié 18 de noviembre de 2009, 11:29	192.168.100.12	Marisa Cenacchi (Asesora)	wiki info	Métodos vocales o instrumentales: Métodos vocales o instrumentales
mié 18 de noviembre de 2009, 11:29	192.168.100.12	Marisa Cenacchi (Asesora)	wiki info	Métodos vocales o instrumentales: Métodos vocales o instrumentales
mié 18 de noviembre de 2009, 11:29	192.168.100.12	Marisa Cenacchi (Asesora)	wiki view	Métodos vocales o instrumentales: Métodos vocales o instrumentales
mié 18 de noviembre de 2009, 11:29	192.168.100.12	Marisa Cenacchi (Asesora)	wiki view	Métodos vocales o instrumentales: Métodos vocales o instrumentales
mié 18 de noviembre de 2009, 11:29	192.168.100.12	Marisa Cenacchi (Asesora)	course view	Metodología Educativa Musical 2009
mié 18 de noviembre de 2009, 11:29	192.168.100.12	Marisa Cenacchi (Asesora)	forum view forums	
mié 18 de noviembre de 2009, 11:29	192.168.100.12	Marisa Cenacchi (Asesora)	forum view forum	Aprender y enseñar música
mié 18 de noviembre de 2009, 11:28	192.168.100.12	Marisa Cenacchi (Asesora)	forum view discussion	EVALUACIÓN PERSONAL
mié 18 de noviembre de 2009, 11:28	192.168.100.12	Marisa Cenacchi (Asesora)	forum view discussion	EVALUACIÓN PERSONAL
mié 18 de noviembre de 2009, 11:28	192.168.100.12	Marisa Cenacchi (Asesora)	forum view forum	Aprender y enseñar música
mié 18 de noviembre de 2009, 11:28	192.168.100.12	Marisa Cenacchi (Asesora)	forum view forums	
mié 18 de noviembre de 2009, 11:28	192.168.100.12	Marisa Cenacchi (Asesora)	forum view discussion	EVALUACIÓN PERSONAL
mié 18 de noviembre de 2009, 11:28	192.168.100.12	Marisa Cenacchi (Asesora)	forum view discussion	EVALUACIÓN PERSONAL

Fig. 14. Registro de actividad para el curso seleccionado.

El registro solicitado es exportado a un archivo *input.csv* y formateado para

⁷ En el anexo B.2. Pseudocódigo para la simulación en DEVS II se especifica el pseudocódigo correspondiente a la función de transición externa.

posibilitar su lectura desde el entorno PowerDEVS.

Este modelo descriptivo fue implementado para el análisis de interactividad de diferentes cursos mediatizados por el Campus Virtual de la UNR, que se seleccionaron con la anuencia de los docentes responsables tanto en el espacio de “Comunidades” como en el de “Carreras y Cursos”.

En las Figuras 15 y 16 se muestra el valor del nivel de interactividad (eje vertical) de cada participación (eje horizontal) a través del tiempo, en los meses de Agosto/Septiembre y de Noviembre/Diciembre para un curso seleccionado del año 2009, obtenidos como resultado de la simulación.

Cabe mencionar que los resultados obtenidos son los globales para el Paquete Hipermedial, pero sin embargo se disponen a su vez de los valores parciales a nivel Herramienta individual. Los mismos se exportan a un archivo que relaciona el número de participación con su nivel de interactividad.

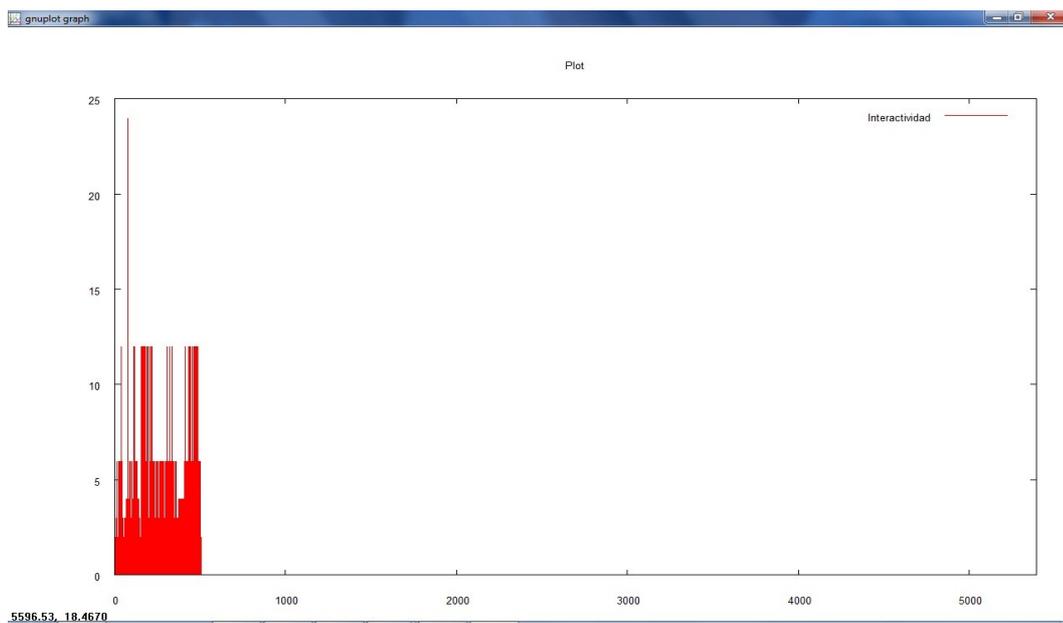


Fig. 15. Grado de interactividad del PH Agosto/Septiembre de 2009.

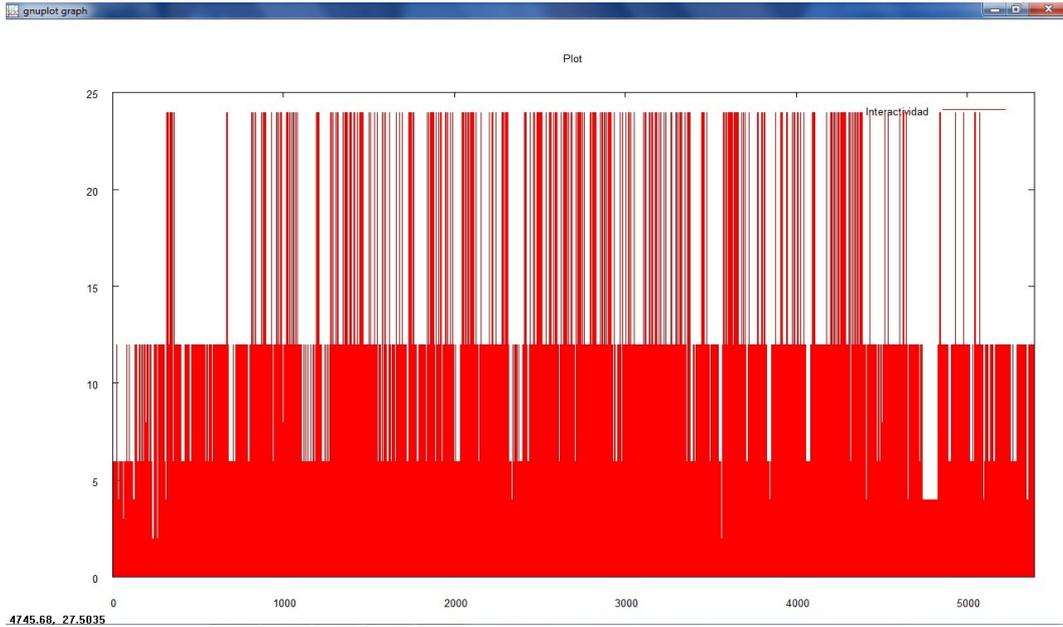


Fig. 16. Grado de interactividad del PH Noviembre/Diciembre de 2009.

En las Figuras 17 y 18, ambas en la misma escala para facilitar su comparación, se visualiza un pos-proceso de los resultados para el seguimiento global del curso mostrando la cantidad de participaciones totales dividida en cada nivel de interactividad.

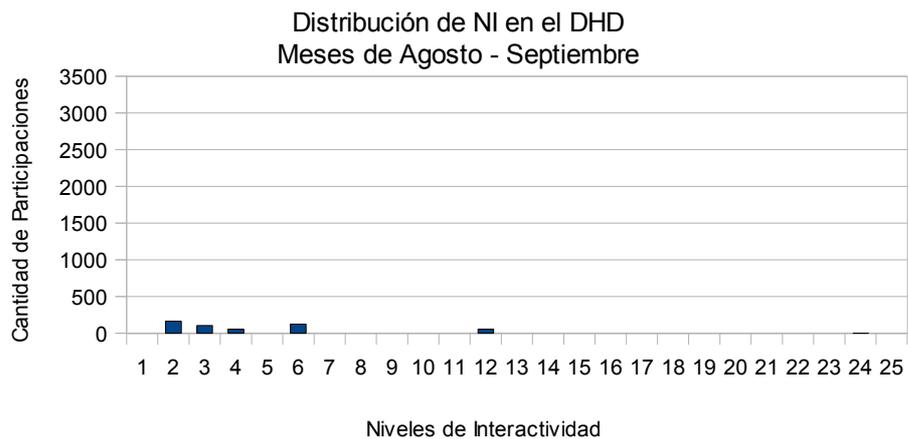


Fig. 17. Pos-proceso de los resultados Agosto/Septiembre de 2009.

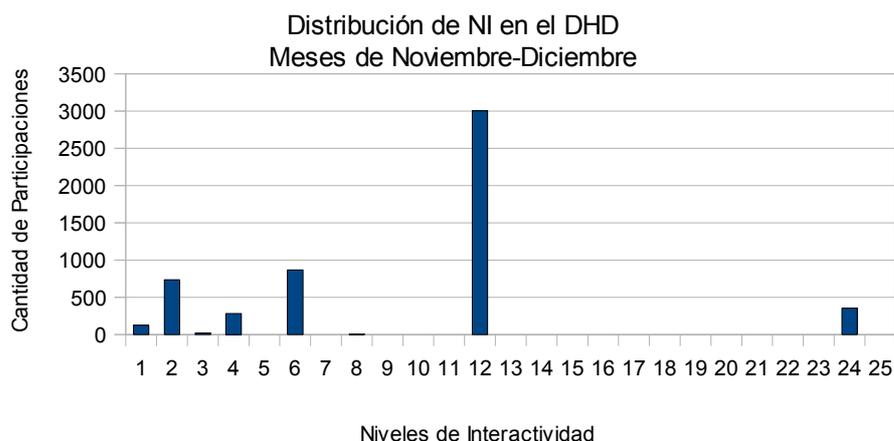


Fig. 18. Pos-proceso de los resultados Noviembre/Diciembre de 2009.

Así tenemos en la Figura 17, valores de niveles de interactividad iguales a 2, 3 ó 4, lo que hace suponer acciones separadas en el tiempo, utilizando herramientas de formato transmisor y servicios tales como consultar o borrar. En cambio, en la Figura 18, encontramos valores de niveles de interactividad iguales a 6 y 12, lo cual habla de participaciones continuas y cercanas en el tiempo, en herramientas de características interactivas, con servicios tales como crear o editar.

De esta manera podemos observar (Figuras 15 y 16) como se va construyendo la modalidad participativa del DHD a través del crecimiento global de las interacciones (de 505 en Agosto/Septiembre a 5394 en Noviembre/Diciembre), teniendo como valor agregado más allá de la cantidad, las distribuciones de las mismas (Figuras 17 y 18). Se verifica entonces en los dos últimos meses un porcentaje mucho mayor de interacciones en niveles más participativos, en contraposición a los meses de anteriores.

Cabe mencionar que en el ejemplo presentado, los docentes propusieron estrategias didácticas específicas que promovían la interactividad responsable para la construcción del conocimiento a la mitad del curso durante el mes de Octubre.

6.2. Herramienta integrada

A partir del caso de uso expuesto y otros se desarrolló, como parte de este trabajo de tesis, el prototipo de una herramienta integrada que denominaremos SEPI-DHD [150], que colabora para el Seguimiento y Evaluación de Procesos de Interactividad-DHD (SEPI-DHD). A su vez, los resultados obtenidos pueden ser retroalimentados como información de contexto e inyectados a través de los Condicionales DEVS para la coordinación de los contratos.

Cabe recordar que se conceptualiza como Interactividad-DHD al vínculo intersubjetivo responsable que conforma una red sociotécnica generadora del intercambio y la edición bidireccional y multidireccional de mensajes y objetos en un marco de trabajo colaborativo, abierto, democrático y plural.

Dicha herramienta se encarga, en primer lugar, de acceder a la base de datos y aplicar una función de transferencia que permita una representación de los valores correspondiente a las interacciones de los usuarios. Esta función genera los valores de entrada correctos que serán utilizados en la simulación. La herramienta contiene a su vez, una interfaz apropiada para la representación de los coeficientes que componen la métrica (Capítulo 4), permitiendo de esta manera que el responsable controle las ponderaciones que reflejan propiedades cuali-cuantitativas sobre las interacciones de los usuarios.

Además, cuenta con una implementación original que se extiende de los servicios bases de *framework* para proveer una adecuada interfaz modular encargada de construir las pre-condiciones y pasos intermedios necesarios para la ejecución del módulo DEVS. Por último, posee una interfaz para mostrar los resultados obtenidos con una gran versatilidad a partir de diferentes tipos de filtros. Esos valores después serán consumidos por los contratos a fin de obtener una nueva información contextual que devenga de las acciones anteriores de los usuarios, y posibilitar así la adaptación de los servicios del *framework* base (Capítulo 5).

El desarrollo presentado ha sido adaptado al entorno colaborativo SAKAI [151], el cual es utilizado por el Programa Dispositivos Hipermediales Dinámicos en su

servidor: <http://www.mesadearena.edu.ar>.

En este sentido, se describen a continuación los elementos tecnológicos necesarios para la integración, como así también un modelo que tiene en cuenta experiencias vinculadas al agregado de nuevas componentes en implementaciones resueltas para esta clase de *framework*. En el caso de uso, se brindarán características y detalles funcionales vinculados a los pasos metodológicos del modelo desde la perspectiva de un usuario final.

6.3. El proyecto SAKAI

En el estudio permanente sobre los distintos proyectos de relevancia internacional en el área, investigamos en el 2006 un nuevo desarrollo llamado SAKAI que consideramos muy cercano a nuestros propósitos.

El Proyecto SAKAI [152] es una comunidad basada en el desarrollo de *software* libre, que se esfuerza en diseñar, construir y desplegar un nuevo Entorno de Colaboración y Aprendizaje para la educación superior. El Proyecto comenzó en Enero de 2004.

El primer objetivo de dicho proyecto fue proporcionar un entorno de aplicación que integrara herramientas y componentes CMS (*Course Management System*) asociados para funcionar juntos. Adicionalmente estos componentes soportan colaboración en la investigación.

Las herramientas están siendo creadas por diseñadores, arquitectos de *software* y desarrolladores en diferentes instituciones, usando una variación experimental de un modelo de desarrollo de código libre llamado “modelo de código comunitario” [153].

Para proveer un sistema de soporte para instituciones que quieran estar involucradas en el Proyecto SAKAI, ya sea adoptando las herramientas o por medio del desarrollo de aplicaciones para la portabilidad interinstitucional, existen además el Programa de Socios Educativos y el Programa de Afiliados Comerciales.

Este Proyecto tiene su origen en la Universidad de Michigan [154] y en la Universidad de Indiana [155], dónde ambas universidades comenzaron independientemente sus esfuerzos en el ámbito del código libre para duplicar y aumentar la funcionalidad de sus CMS existentes. Poco tiempo después, el Instituto Tecnológico Massachusetts [156] y la Universidad de Stanford [157] se unieron y, junto a la Iniciativa de Conocimiento Abierto [158], y el consorcio uPortal [159], con un aporte de la Fundación Mellon [160] formaron el Proyecto SAKAI.

Como ya expresamos, el proyecto sigue el modelo de código comunitario, que es una extensión del ya exitoso y económicamente viable, movimiento de código libre forjado por proyectos como Apache [161], Linux [162], y Mozilla [163]. Dicho modelo se basa en el objetivo de dirigir las necesidades comunes y únicas de múltiples instituciones, fundándose sobre roles, responsabilidades y compromisos definidos por los miembros de la comunidad, potenciando los modelos de desarrollo de código libre.

Al día de hoy, SAKAI ha publicado varias versiones, ha desarrollado un Programa de Socios Educativos que tiene actualmente cerca de doscientos miembros a nivel mundial con más de ochenta grupos de discusión activos y catorce afiliados comerciales. También se han organizado diez conferencias altamente exitosas, demostrando de forma clara la viabilidad de un modelo de desarrollo de *software* comunitario para Escuelas Superiores, Universidades, Organismos de Investigación y Vinculación Tecnológica.

A partir de nuestro análisis señalamos que las características funcionales de SAKAI, permiten que cada alumno posea, además de las prestaciones educativas similares a las brindadas por otros entornos, un espacio para la investigación y desarrollo de proyectos.

Si bien es una iniciativa que cuenta con pocos años de desarrollo y de muy reciente inserción en Latinoamérica, capitaliza desde su origen los aportes de los principales referentes, con participación de comunidades de investigación y desarrollo de altísimo prestigio académico universitario y cuenta con aportes económicos significativos que dan factibilidad y proyección al desarrollo.

6.4. El Servidor Mesa de Arena

En el año 2006, se instaló el servidor Mesa de Arena y comenzó a trabajar sobre dicho entorno en la versión SAKAI 2.1. En el año 2007 se actualizó a la versión 2.3, y en el año 2008 a la 2.6, que actualmente está disponible.

En julio del presente año 2010 se ha instalado un servidor de preproducción con la última versión SAKAI 2.7.1 para el Campus Virtual de la UNR, destinado al área de investigación y vinculación tecnológica [164].

A su vez, desde finales del 2009 se ha comenzado a experimentar sobre la nueva versión SAKAI 3.0 [165], todavía en fase beta de desarrollo. Esta nueva versión cambia totalmente la concepción de estos entornos fundamentándose en primera instancia en el ya conocido crecimiento de la WEB 2.0 que hace necesaria una mayor flexibilidad. A su vez, los casos de uso fueron incrementándose no solo en número, sino en diferentes áreas del conocimiento, como por ejemplo en investigación y gestión. Así la propuesta de Sakai 3.0 opta por una nueva tecnología, mejora su interfaz, y se suman todas las posibilidades de las redes sociales, obteniéndose a su vez como principales beneficios técnicos: escalabilidad y resiliencia, potenciar la producción de los desarrolladores, código de calidad y fácil de mantener, y simplificaciones en la instalación y el mantenimiento [166].

Cabe mencionar que las tareas de instalación y mantenimiento de dichos entornos en función de profundizar sobre las tecnologías en uso, fueron efectuadas por el autor de esta tesis como becario doctoral de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) [167] en el marco de los Proyectos de Investigación y Desarrollo en los cuales participa.

6.5. Elementos para la integración

En esta sección describiremos aspectos tecnológicos y componentes que la herramienta SEPI-DHD [168] toma en cuenta para la conexión entre los

Condicionales DEVS, el Modelo DEVS, y las métricas de interacción.

Sintéticamente, los Condicionales DEVS son condicionales simples que pertenecen a un conjunto de reglas que definen acciones dentro de los componentes computacionales contratos. Como ya mencionamos, los contratos son objetos de primera clase dentro de la original propuesta tecnológica donde se agregan propiedades de sensibilidad al contexto. Dado que la evaluación sobre los valores de verdad de los Condicionales DEVS se referencian a los resultados obtenidos al ejecutarse un simulador de un modelo de eventos discretos que integra una métrica cuali-cuantitativa, podemos afirmar que estos condicionales promueven nuevas propiedades de adaptación al contexto posibilitando que las reglas de los contratos tengan mayor grado de expresión.

En la Figura 19, se muestran los elementos a tener en cuenta para implementar los valores calculados que deben contrastarse con valores testigos para formar los condicionales de las proposiciones lógicas de las reglas. Las relaciones entre las componentes influyen en los elementos conceptuales que determinarán algunas de las características funcionales de los requerimientos del DHD [169] relacionados a los requisitos de comportamiento y configuración.

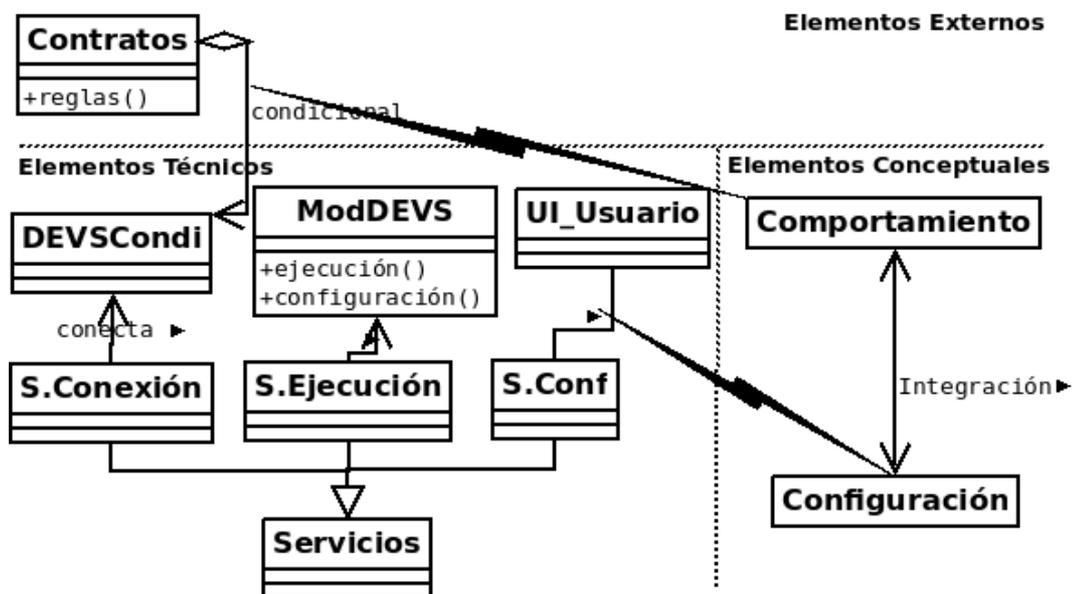


Fig. 19. Elementos necesarios para implementar SEPI-DHD.

La herramienta como se observa, cuenta con tres tipos de servicios que derivan del núcleo base del *framework*, uno de ellos *S.Conexión* se encarga de establecer la conexión para incorporar valores calculados dentro de los Condicionales DEVS. Otro tipo de servicio *S.Ejecución* implementa las secuencias de ejecuciones del modelo DEVS que obtiene los resultados de los niveles de interactividad para cada participación. Algunos de estos pasos serán descritos en la sección 6.7 y forman parte de los requisitos que se deben cumplir para ejecutar la simulación implementada en el módulo DEVS (*ModDEVS*), que en este caso se ajusta a las interfaces que provee PowerDEVS [170].

El último servicio base *S.Conf* se encarga de implementar todas las cuestiones de configuración de la métrica que provienen de la interfaz de usuario. En este caso se provee al evaluador de los procesos de interacción de un prototipo que permite establecer las ponderaciones de los coeficientes de la métrica representada en DEVS, para que luego se puedan transformar en los parámetros necesarios al invocar el método de configuración de *S.Conf*.

El componente *Configuración* refiere a la relación entre el servicio de interfaz *S.Conf* y los elementos utilizados para implementar la interfaz del usuario de la herramienta, en este caso representada con la clase *UI_Usuario*.

De esta manera queda establecida una relación conceptual entre los servicios y los contratos que definen el comportamiento adaptativo de algunas de las acciones. Esta última relación fue representada mediante la relación de agregación entre el contrato (*Contrato*) y los Condicionales DEVS (*DEVSCondi*) determinada por la relación conceptual *Comportamiento*.

Las interfaces de los métodos las abordaremos seguidamente como parte de la herramienta que implementa el modelo de integración. De esta manera, queda establecida una nueva relación conceptual, llamada relación de *Integración*, a partir de las componentes conceptuales *Comportamiento* y *Configuración*.

Cabe destacar que los elementos conceptuales representados en la Figura forman parte de los requerimientos de adaptabilidad al contexto. A su vez, los elementos técnicos pertenecen al diseño propuesto para el modelo de integración que

se implementa a través de la herramienta. Las funcionalidades que interpretan el servicio de ejecución se describirán también en la sección 6.7.

6.6. Modelo tecnológico de integración

El modelo tecnológico de integración determina los componentes, sub-sistemas y relaciones sobre la herramienta SEPI-DHD encargada de articular los resultados de la simulación del modelo DEVS para luego insertarlos en los contratos.

En la Figura 20, es posible observar una primera conexión entre los servicios de la herramienta, que fueron introducidos en la sección anterior, con el modelo de simulación DEVS. Para este caso, se cuenta con los métodos del módulo *Integrador*, representado por una clase UML [171] que implementa las secuencias de ejecuciones que se deben respetar para que el intérprete DEVS (en este caso PoweDEVS) tome los valores de entrada adecuados (método *get_inputDEVS*) que son procesados por medio de una función transferencia parametrizada (método *set_Transferencia*) a partir de un archivo de configuración XML [172]. Luego se toman los valores de salida (método *get_outputDEVS*) para su posterior procesamiento.

Todos los datos de entrada son extraídos de la base de datos perteneciente al entorno colaborativo utilizado, a través del método privado *get_DB*. Los parámetros que implican la ejecución del simulador DEVS deben ser alcanzados por las interfaces representadas en la clase *Integrador*.

Las cuestiones de parametrización y representación de los valores, pre y pos-condiciones que se encuadren en un nivel superior para lograr una mejor interpretación y manejo por parte de los usuarios, se guardan en el archivo de configuración e interviene el servicio *S.Conf* mencionado en la sección anterior.

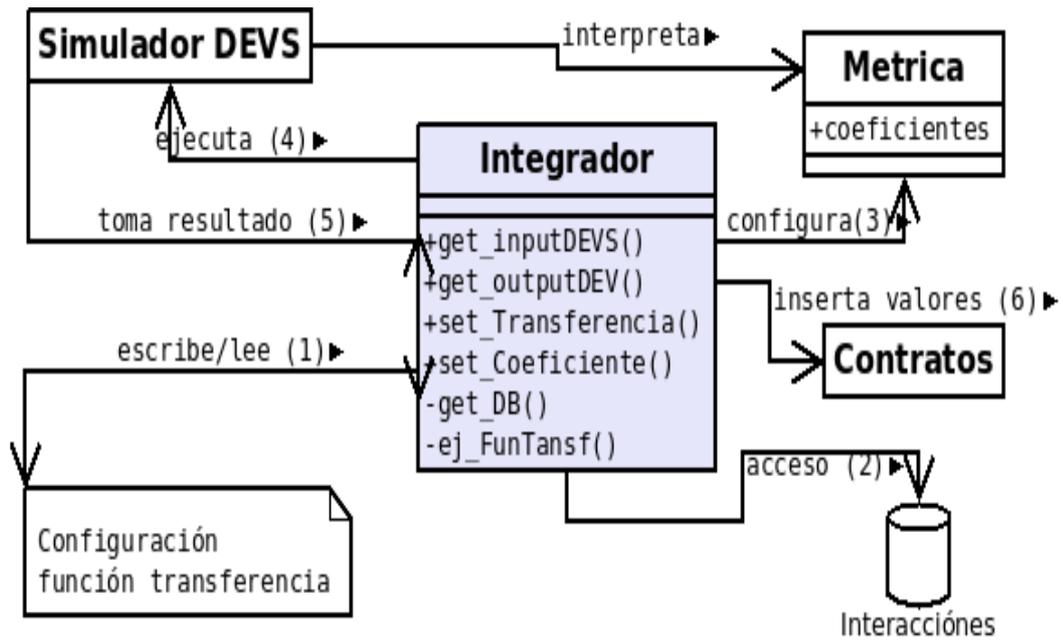


Fig. 20. Modelo tecnológico de integración para SEPI-DHD.

Si bien, en este caso, el diseño de integración presentado se basa en la descripción de componentes de *software* de la herramienta de integración aquí propuesta, es necesario tener en cuenta otros elementos que en este diseño y a lo fines del presente caso no se consideró necesario mostrar. En otro trabajo [173] se ha desarrollado lo correspondiente a cada una de las áreas mencionadas con un nivel más profundo de detalle. Además, se puede observar que la principal componente para lograr la integración está representada por la incorporación de una relación de agregación entre una componente *Contrato* y una entidad *Método* que se corresponde con la arquitectura que propone INCAMI [174] para la construcción de métricas.

En términos generales, como ya fue mencionado, la herramienta SEPI-DHD es una aplicación que respeta la arquitectura del *framework*, teniendo en cuenta el acceso a los servicios base del mismo y permitiendo el registro de la aplicación como herramienta.

6.7. Implementación en un caso de uso

A continuación se desarrollará un caso de uso brindando detalles funcionales sobre la herramienta desde la perspectiva de un usuario final. Dicho camino se divide en seis pasos metodológicos coincidentes con las relaciones descritas en la Figura 20.

Paso 1: Escritura y lectura del XML

La herramienta contiene una interfaz apropiada para la representación de los coeficientes que componen la métrica, permitiendo de esta manera que el evaluador controle las ponderaciones que reflejan propiedades cuali-cuantitativas sobre las interacciones de los participantes. Se presentan los pesos necesarios (*Rol, Tipo de Paquete Hipermedial, Tipo de Herramienta, Tipo de Servicio*) con un valor por defecto igual a uno (para los valores nulos el valor por defecto es cero). A su vez se da la posibilidad de modificar esos valores a través de la opción *Modificar Ponderación*, seleccionando el coeficiente y el subtipo de coeficiente (Ver Figura 21).

Luego se crea automáticamente un archivo XML donde se detallan todos los valores necesarios para que la función transferencia procese las tablas y los valores de sus campos que sirven como entradas al simulador DEVS. La Tabla 1 describe el significado de las marcas (*tags*) donde se brindan los detalles concretos para los parámetros de las interfaces de cada subsistema.

Paso 2: Acceso a la base de datos

Si bien este paso es transparente para el usuario final los diseñadores deben cumplir con ciertos requisitos que se ajustan a las necesidades del modelo de integración aquí propuesto. En este sentido se establecen diferentes tipos de conexiones entre subsistemas a través de mensajes y secuenciación de ejecución de tareas. Por otro lado, es necesario implementar acciones de penetración entre sistemas que deben respetar una infraestructura tecnológica y de diseño. Este es el caso de la vinculación que se propone en el modelo de integración entre el módulo

Integrador y la base de datos que contiene las interacciones.

<dhdDB> SAKAI </dhdDB>	Nombre de la base de datos del sistema colaborativo
<dhdTable> SAKAI_event </dhdTable>	Tabla base de datos SAKAI
<dhdField> EVENT </dhdField>	Campo de la base de datos
<dhdConditionType> igual </dhdConditionType>	Tipo de comparación
<dhdValue> content.new </dhdValue>	Valor del campo para comparar
<dhdValueTrue> 1 </dhdValueTrue>	Valor que se devuelve la función transferencia si la condición es verdadera
<dhdValueFalse> nothing </dhdValueFalse>	Valor que se devuelve la función transferencia si la condición es falsa
<dhdValueFalse> DEVS.c1.DEVS.c2 </dhdValueFalse>	Referencia el coeficiente de ponderación de la métrica representada en DEVS

Tabla 1: Detalles de los parámetros de la interface.

En este caso, proponemos un modelo de acceso a base de datos a través de iBATIS [175] teniendo en cuenta que la capa de abstracción será la interfaz con la capa de la lógica de la función transferencia, haciendo las veces de “facade”⁸ entre la aplicación y la persistencia. Nuestra implementación utilizó el *framework* Data Access Object (DAO) [176]. La capa de *framework* de Persistencia será la interfaz con el gestor de Base de Datos ocupándose de la gestión de los datos mediante el *framework* SQL-MAP [177].

⁸ Patrón de diseño que sirve para proveer de una interfaz unificada sencilla que haga de intermediaria entre un cliente y una interfaz o grupo de interfaces más complejas.

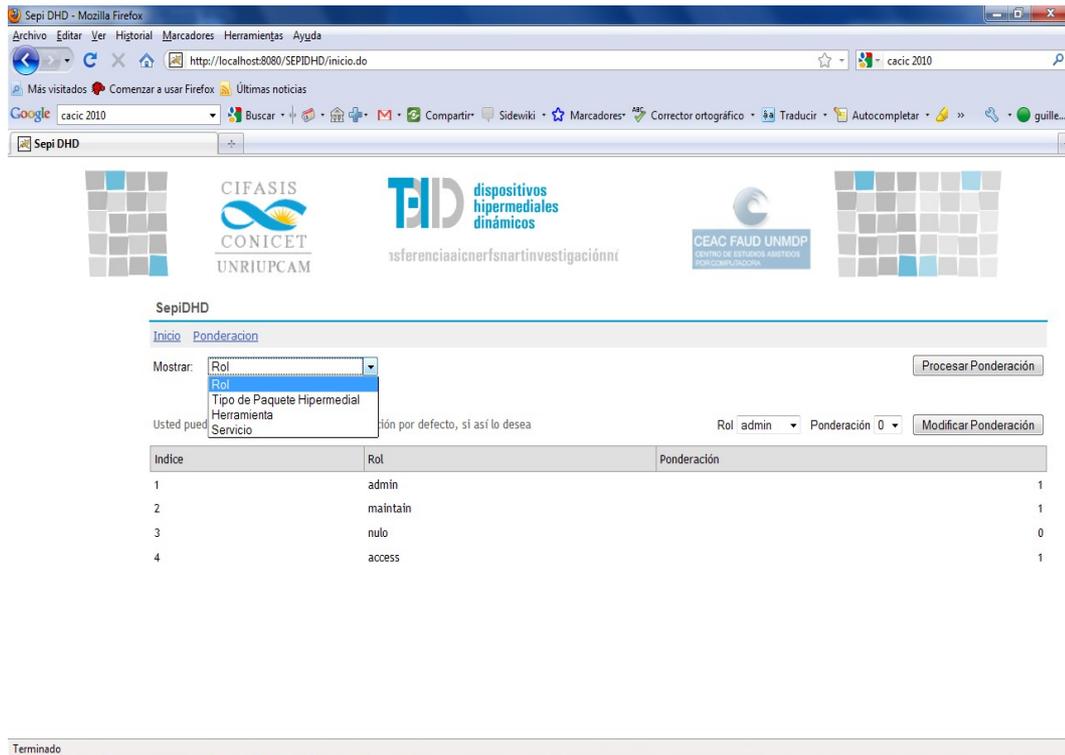


Fig. 21. Inicio de la ejecución de SEPI-DHD.

En la Figura 22, se visualiza un ejemplo de las clases y de las relaciones que implementa el acceso a la tabla *SAKAI_event* de la base de datos *SAKAI*.

Paso 3: Configuración de coeficientes de la métrica

A partir del acceso a la base de datos, la aplicación genera un archivo *input.csv* en el cual se guardan los vectores (de ocho componentes) [178] que serán los datos de entrada del entorno utilizado para correr el modelo DEVS que integra las métricas (Capítulo 4).

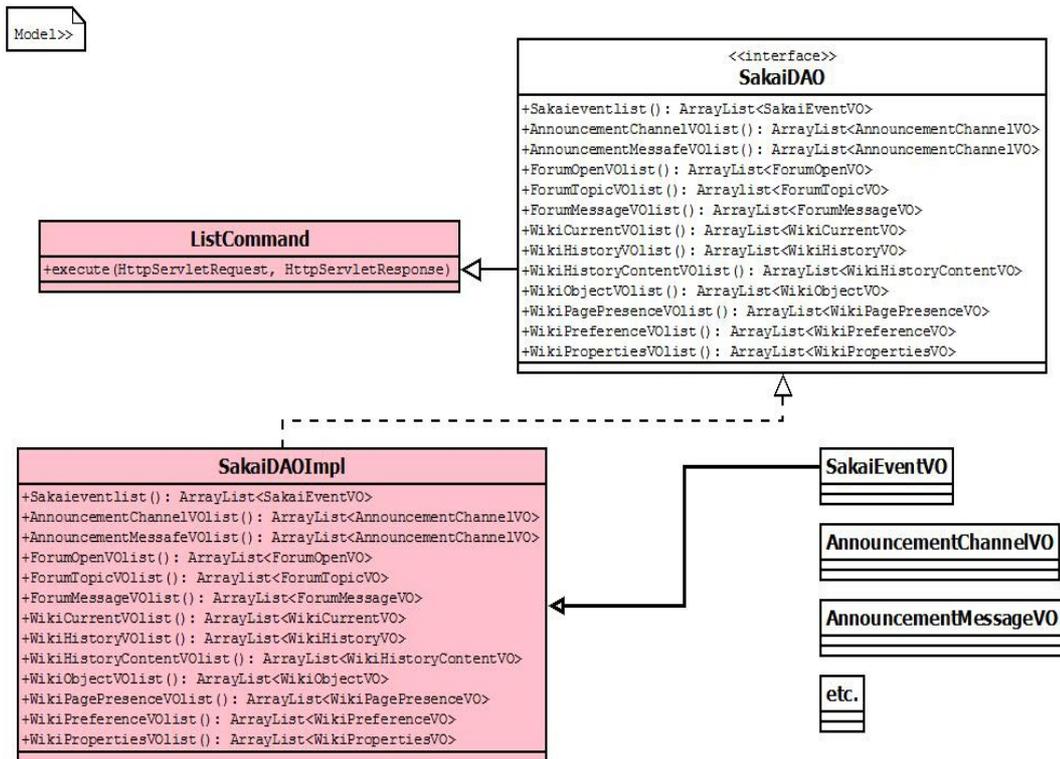


Fig. 22. Estructura para el acceso a la base de datos.

Paso 4: Ejecución de la simulación

Una vez generados los valores de entrada correctos, estos serán utilizados en la simulación. Se ejecutará el modelo DEVS general (ver Figura 23) como un módulo *model.exe* que posee dos parámetros, el archivo de entrada antes generado: *input.csv*, y el número de eventos totales. Luego de la ejecución se genera el archivo *output.csv* el cual contiene los valores de los niveles de interactividad para cada participación.

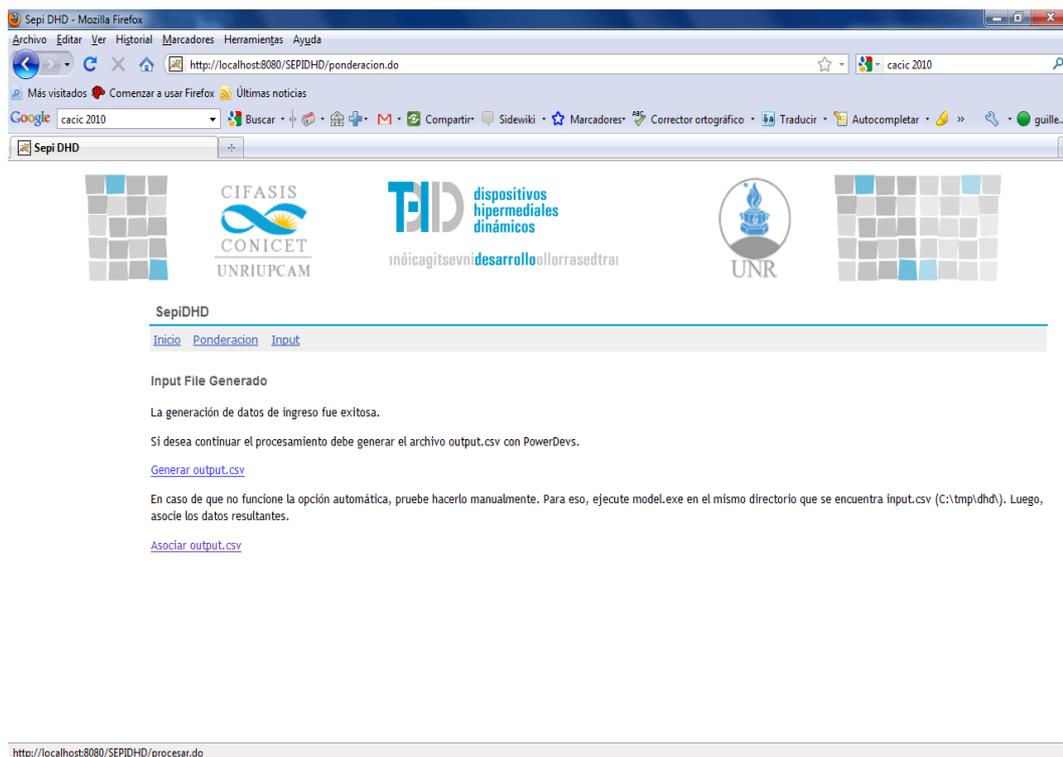


Fig. 23. Ejecución del módulo DEVS por parte de SEPI-DHD.

Paso 5: Lectura de resultados

La Figura 24 de la sección 6.9, muestra gráficamente a modo de ejemplo, los resultados obtenidos de Nivel de Interactividad para cada participación a través del tiempo en el entorno colaborativo de investigación del Programa DHD antes mencionado. La interface posibilita diversos filtrados y colorea los niveles de interactividad según los requerimientos del usuario.

Paso 6: Insertar valores en los contratos

El resultado de este análisis es considerado una información de contexto, resignificando una característica del comportamiento de los participantes y atendiendo a la posibilidad de usar la información de los niveles de interactividad como parámetro *context-aware* de los contratos. En la sección siguiente profundizaremos en detalle este paso.

6.8. Activación de las propiedades brindadas por los Condicionales DEVS.

A continuación se describen dentro del presente caso de uso, las distintas etapas que se deben cumplimentar como usuario para la activación de las propiedades que brindan los Condicionales DEVS dentro de los contratos sensibles al contexto [179].

Además, se brindan más detalles funcionales sobre el uso de la herramienta que implementa la conexión entre los métodos de la métrica y el modelo de simulación DEVS, manteniendo la perspectiva de un usuario final.

Se comienza con el diseño de las reglas de los contratos y sus correspondientes Condicionales DEVS. Para esta etapa se toma como referencia el esquema para el diseño de contrato propuesto en UWATc+ [180]. En UWATc+ se brinda un diagrama de representación de contrato, donde se describen todos los datos que lo constituyen. Cada tipo de dato y valor pertenece a un elemento del metamodelo de la Figura 10 del Capítulo 5.

La Tabla 2 muestra las etapas de edición de un contrato. En primer lugar (item 1) se identifican los objetos participantes en el contrato; en dicho ejemplo *DiscussionAction* y *UserAction* hacen referencia a dos clases reales pertenecientes a la implementación de la herramienta *Foro* y *Usuarios*, respectivamente. Luego, se identifican los nombres de los parámetros *context-aware* significativos para el contrato, alineados en la misma columna del objeto que lo comparte (item 2). En *Servicios* (item 2) deben ser representados los métodos del objeto, que al ser ejecutados, provocan la intervención del contrato. Para este ejemplo *initState* y *getIdentifier* son ejecutados cuando un usuario ingresa a la herramienta *Foro*, y las posteriores funcionalidades (servicios) disponibles dependen de la ejecución del contrato *Edición*. Las siguientes filas (item 2) se refieren a las pre y post-condiciones que se deben cumplir en la ejecución del contrato.

Por último, se explicitan las reglas de coordinación (item 3). En la parte del

condicional $u.contexto = "l1; p1; docente; r1; c1; IT1; IPH1"$ verifica si el contexto del usuario "u" está compuesto por la locación "l1", tienen el perfil "p1", es un docente, cumple el rol "r1" y pertenece a la categoría "c1" (este tipo de representación de contexto se encuentra desarrollado en [181]). Además, los últimos dos valores "IT1" y "IPH1", representan el nivel de interactividad de las participaciones de un determinado usuario y de una herramienta particular, respectivamente. A diferencia de los otros valores, "IT1" y "IPH1" serán comparados con la resultante de la aplicación de una métrica de interacción a través de un elemento externo con interfaz para comunicarse a través de los Condicionales DEVS.

Contrato: Edición			
1	Participantes:	d:DiscussionAction	u:UserAction
2	Param. c-a: Servicios: Pre-Cond: Pos-Cond:	state, portlet, rundata,context initState() existe < contexto > modifica < contexto >	contextidentifier, identifier getIdentifier() existe < contexto >
3	Reglas:	Si $u.contexto = "p1;d;r1;c1;IT1,IPH1"$ entonces $d.showMessage(data,string)$	
Condicionales			
4	DEVS	Valores	Coefficientes según métrica
		IT1	C1..4: valores de servicios B1..4: valores de las herramientas , donde $B_i = C1 * C2 * C3 * C4$
		IPH1	PH: valor para el PH, donde $PH = B1 * B2 * B3 * B4$
5	MD	-	-
6	M	-	-
7	Comentario	Del Item 4: Especificación de las Métricas: Herramienta – PH – DHD [13].	

Tabla 2: Edición del Contrato.

En cuanto a la acción de la regla de coordinación, en el ítem 3 se induce la ejecución del método *showMessage* del objeto *d(DiscussionAction)*.

En el ítem 4 se describe la forma de representar en el diagrama dichos valores que pertenecen al tipo de Condicionales DEVS. A su vez, se definen los coeficientes que formarán parte de las métricas y que serán alcanzados por los valores de los parámetros de las interfaces de los métodos que la representan.

El final del diagrama está dedicado a comentarios generales; cada comentario debe ir acompañado con el número al que hace referencia.

De esta manera, a través de la extensión del diagrama de contrato de la etapa 4 en el proceso de diseño se logran describir los principales componentes que se tienen en cuenta en la implementación de los Condicionales DEVS para casos de uso similares al presentado.

Es posible entonces, establecer un lazo de retroalimentación entre las prácticas efectuadas en los entornos colaborativos (información de contexto) y las acciones que devengan de los contratos (adaptación de los servicios).

En el anexo C. Referencia sobre la implementación tecnológica de SEPI-DHD, se presentan: la estructura general del código (página 134), algunos detalles de los principales módulos (páginas 135 a 139), las librerías utilizadas (página 140) y las páginas de navegación y estilo (página 141).

6.9. Las interacciones a nivel general

En referencia al servidor Mesa de Arena donde está instalado SAKAI versión 2.6.1 es posible determinar que en el año 2008 se puso en línea el día 3 de agosto, y que al 31 de diciembre del mismo año se habían registrado un total de 51.118 participaciones de usuarios.

Al 31 de Diciembre del año 2009 el número de interacciones totales subió a 231.976. Y el día 12 de Julio del año 2010 dicho valor alcanzó las 473.449 participaciones.

En las Figuras 24, 25 y 26 se presentan de manera gráfica los resultados generales obtenidos por la herramienta SEPI-DHD. Se representan el valor numérico del nivel de Interactividad (eje vertical) para cada participación (eje horizontal) cronológicamente.

Se pueden observar en la gráficas de barra de las Figuras, los diversos Paquetes Hipermediales coloreados a partir del requerimiento del usuario de SEPI-DHD. Sin embargo, los filtros también pueden ser por participante y por herramienta. Los valores de ponderación utilizados son los que presenta la aplicación por defecto.

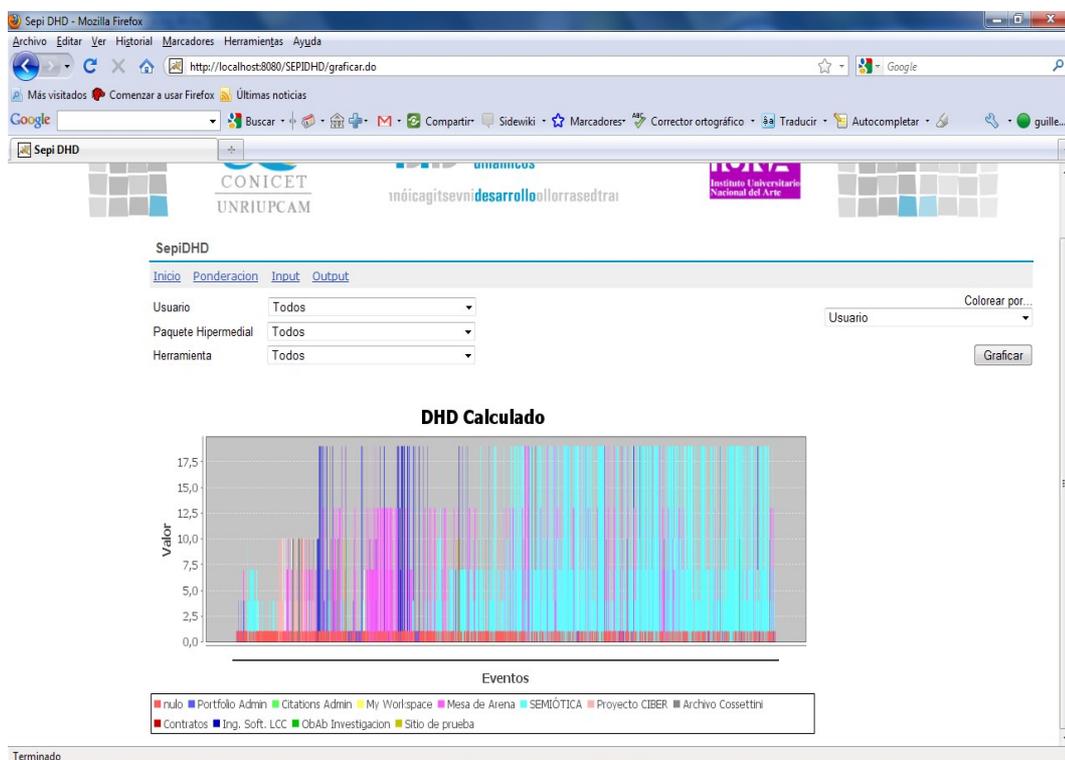


Fig. 24. Resultados obtenidos por SEPI-DHD para el año 2008.

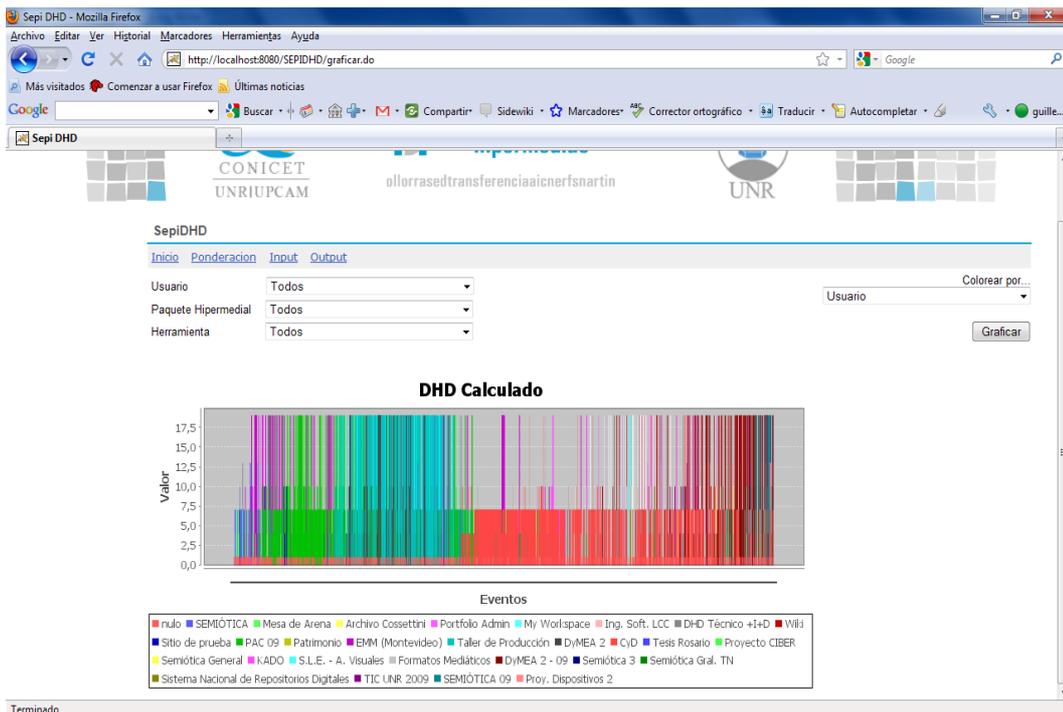


Fig. 25. Resultados obtenidos por SEPI-DHD para el año 2009.

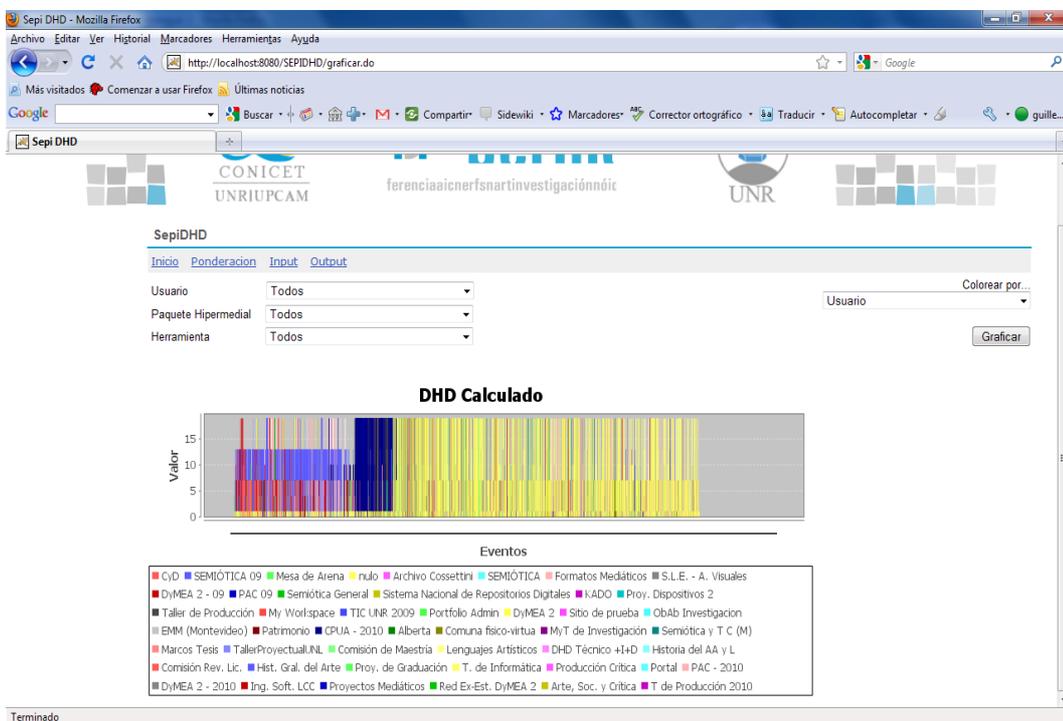


Fig. 26. Resultados obtenidos por SEPI-DHD para el año 2010.

Es visible como año a año la cantidad de interacciones fue creciendo, siguiendo a un aumento del número de usuarios según los proyectos asociados. En el 2008 fueron 51.118 interacciones, en el 2009 hubo 180.858, y hasta el 12 de julio de 2010 se sucedieron 241.473. Sin embargo, se denota que los niveles de interactividad globales no presentan grandes variaciones y permanecen dentro de los mismos valores. Esto se corresponde con la propuesta teórico-metodológica presentada desde el Programa de Dispositivos Hipermediales Dinámicos.

6.10. La propuesta experimental SEPI-DHD

En este capítulo hemos presentado la herramienta integrada SEPI-DHD para el Seguimiento y Evaluación de Procesos de Interactividad-DHD adaptada al entorno colaborativo SAKAI como primera aproximación experimental. A su vez, se extendieron las propiedades expresivas de las reglas de coordinación de contratos del DHD a partir de los resultados de un mecanismo externo. De esta manera, se considera posible establecer un lazo de retroalimentación entre las acciones efectuadas en los entornos colaborativos y las que devengan de los contratos.

Además de las cualidades funcionales logradas, la herramienta SEPI-DHD concreta la integración de los subsistemas por medio de mensajes, de ejecución de tareas, y de penetración, atendiendo a las líneas de diseño e implementación establecidas dentro del marco teórico-metodológico del DHD.

Capítulo 7

Conclusiones

7.1. Aportes

En primera instancia esta tesis ha colaborado en la construcción interdisciplinaria del marco teórico y metodológico referido al Dispositivo Hipermedial Dinámico como objeto de estudio.

En el trayecto de la tesis, se conceptualiza el DHD para educar, investigar, producir, y/o gestionar en sus dimensiones sociales y tecnológicas considerando el rol constitutivo de los procesos interactivos y sus propiedades dinámicas. Estas conceptualizaciones se fundamentan en casos de uso que a su vez generan requerimientos de desarrollo tecnológico y propuestas de solución implementando una visión sistémica compleja.

En referencia a todo lo expuesto, desde la especificidad de un doctorado en Ingeniería, se propuso por primera vez un modelo sistémico completo, que integra elementos y relaciones existentes.

Dicho enfoque incluyó la selección de un formalismo de modelado de sistemas dinámicos, como es DEVS (Discrete Event System specification) y la implementación de dicho modelo en un entorno de simulación. El nivel de abstracción y de apertura de todo lo expuesto, permite su adecuación a las dispares realidades tecnológicas y de accesibilidad a las TIC del actual contexto físico-virtual global.

A su vez, fundamentados en el modelado sistémico del DHD, se propuso un primer desarrollo e implementación de métricas para el análisis evaluativo de las interacciones del 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, brinda información calificada sobre cómo se desarrollan procesos de participación responsable a través de redes sociotécnicas para educar, investigar, gestionar, y/o producir. Además, dicho análisis posibilita la reflexión para ulteriores metodologías de optimización de los procesos de interacción en el actual contexto físico-virtual.

Otro desarrollo no menos importante es la posibilidad de extender las propiedades expresivas de las reglas de coordinación de contratos del DHD a partir de los resultados de un mecanismo externo, como los Condicionales DEVS. La propuesta de integración expuesta sigue respetando las líneas de diseño e implementación establecidas por el modelo DHD. De esta forma, se obtuvo un nuevo mecanismo para la escritura de las reglas de los contratos que permitirá ahorrar esfuerzo en el diseño de los condicionales que verifiquen información de contexto parametrizado.

Por último se presentó el diseño, desarrollo e implementación de la herramienta integrada SEPI-DHD para el Seguimiento y Evaluación de Procesos de Interactividad-DHD adaptado al entorno colaborativo SAKAI. Dicha herramienta resuelve tecnológicamente la lectura de la base de datos, el ingreso de los coeficientes, la ejecución del módulo DEVS que integra las métricas, y la presentación de los resultados. Estos valores son los que se inyectan directamente en las reglas de coordinación de contratos del DHD. De esta manera, es posible establecer un lazo de retroalimentación entre las acciones efectuadas en los entornos colaborativos (nueva información de contexto) y las acciones que devengan de los contratos (adaptabilidad de los servicios).

Además de las cualidades funcionales logradas, la herramienta SEPI-DHD posibilita la integración de los subsistemas, tomando en cuenta las líneas de diseño e implementación establecidas dentro del marco teórico-metodológico presentado.

7.2. Prospectiva

Lo realizado abre nuevas perspectivas de trabajo, básicamente en dos líneas de acción diferenciadas. En primer lugar, la optimización de la herramienta SEPI-DHD, así como su prueba en diversos escenarios de uso, y la puesta a disposición de la misma en los foros de discusión con la documentación correspondiente. En segundo término, y a la vez integrado con el anterior, la construcción de métricas adecuadas y consensuadas interdisciplinariamente para el seguimiento de los procesos.

La evaluación de los cambios contextuales en función de un desenvolvimiento de calidad de los procesos de educación, investigación, gestión, y/o producción son problemáticas que trascienden lo meramente técnico ya que los indicadores requieren de especificaciones que aún se están discutiendo a nivel internacional y que solicitan un trayecto intenso de prácticas diferenciadas.

En cuanto a la primera de las líneas, el desarrollo y optimización de prototipos seriados de SEPI-DHD para avances en el diseño y la programación, se podría trabajar en base a los requerimientos de los experimentos implementativos del Programa de I+D+T “Dispositivos Hipermediales Dinámicos” (CIFASIS: CONICET-UNR-UPCAM). Este programa promueve transferencias innovadoras sobre contextos investigativos en red directamente relacionados a grupos de unidades ejecutoras del CONICET, universidades, y/o convenios de vinculación tecnológica con empresas.

La realización de pruebas experimentales permitirá visualizar las dificultades, necesidades, y nuevos requerimientos según los contextos de aplicación, generándose así la documentación probatoria necesaria para la evaluación en los propios marcos de transferencia de la tecnología desarrollada. Lográndose también como resultado, habilitar de forma efectiva un proceso de retroalimentación, de reflexión crítica sobre la práctica que favorece el logro exitoso de las metas formuladas y la diseminación y transferencia del conocimiento.

En cuanto a la segunda línea de trabajo, se deberán testear modelos con las adecuaciones correspondientes para la implementación de los aspectos prácticos de las diversas métricas según los campos de aplicación (Educación, Investigación, Vinculación Tecnológica, Gestión). A su vez, se necesitaría formular una metodología de desarrollo de métricas para el seguimiento de procesos en el DHD que, teniendo en cuenta el modelado del comportamiento sistémico del mismo, permita versatilidad sobre “qué” debe hacer la aplicación (por medio de un diseño conceptual, en el dominio de los problemas), y sobre “cómo” la aplicación satisface los requerimientos y las implementaciones (por medio de un diseño lógico, en el dominio de las soluciones).

De manera general para ambas líneas, la tecnología y los desarrollos producidos deberían mantener la filosofía de código abierto planteada en esta tesis y ser registrados bajo la licencia pública general GNU-GPL por las ventajas que ello presenta. Al recibir las consideraciones internacionales sobre el *software* y su discusión en los foros específicos se fortalecería el trabajo colaborativo y en red, promoviendo activamente la construcción de una Sociedad de la Información y del Conocimiento abierta a todos, más justa, equitativa, y plural.

Finalmente, todos estos esfuerzos se enfocan en crear e implementar espacios físicos-virtuales para la producción responsable y diseminación abierta de los bienes creativos intelectuales, desarrollando marcos conceptuales y propuestas tecnológicas que otorguen mayor flexibilidad a los componentes que pueden configurar al DHD para educar, investigar, producir, y/o gestionar.

A. Lista de abreviaturas

- CLE – Entorno de aprendizaje colaborativo (Collaboration and Learning Environment)
- CMS – Sistemas de gestión de cursos (Course Management System)
- DAO – Objeto de Acceso a Datos (Data Access Object)
- DEVS – Discrete Event System specification
- DHD – Dispositivo Hipermedial Dinámico
- GPL – Licencia Pública General (General Public License)
- INCAMI – Information Need, Concept model, Attribute, Metric and Indicador
- LMS – Sistemas de gestión de aprendizaje (Learning Management System)
- NI – Nivel de Interactividad
- OKI – Iniciativa de conocimiento abierto (Open Knowledge Initiative)
- PH – Paquete Hipermedial
- SEPI-DHD – Herramienta para el Seguimiento y Evaluación de Procesos de Interactividad-DHD
- SOA – Arquitecturas Orientadas a Servicios (Service Oriented Architecture)
- SQL – Lenguaje de consulta estructurado (Structured Query Language)
- TIC – Tecnologías de la Información y Comunicación
- UML – Lenguaje Unificado de Modelado (Unified Modeling Language)
- UNR – Universidad Nacional de Rosario
- VLE – Entorno de aprendizaje virtual (Virtual Learning Environment)

B.1. Pseudocódigo para la simulación en DEVS I

El siguiente pseudocódigo corresponde a la función de transición externa que incorporan las métricas a los modelos atómicos DEVS descritos en el Capítulo 4.

- Módulo *Herramienta* genérica

```
s[0] = x.getDouble(0);
s[1] = x.getDouble(1);
s[2] = x.getDouble(2);
s[3] = x.getDouble(3);
s[4] = x.getDouble(4);
s[5] = x.getDouble(5);
s[6] = x.getDouble(6);
s[7] = x.getDouble(7);

cuno = s[5];
cdos = s[6];
ctres = s[1];

if (m[0] == 0) {
    m[0] = s[0];
};
if ((s[0] != m[0]) && (m[1] == 0)) {
    m[1] = s[0];
};
if (s[0] == m[0]) {
    ccuatro = 1;
};
if (s[0] == m[1]) {
    ccuatro = 1;
};
if ((s[0] != m[0]) && (s[0] != m[1])) {
    ccuatro = 2;
};
```

```
};
```

```
interactividad = cuno * cdos * ctres * ccuatro;
```

```
sigma = 0;
```

- Módulo *Ponderador Paquete Hipermedial*

```
s[0] = x.getDouble(0);
```

```
s[1] = x.getDouble(1);
```

```
s[2] = x.getDouble(2);
```

```
s[3] = x.getDouble(3);
```

```
s[4] = x.getDouble(4);
```

```
s[5] = x.getDouble(5);
```

```
s[6] = x.getDouble(6);
```

```
s[7] = x.getDouble(7);
```

```
s[8] = x.getDouble(8);
```

```
buno = s[0];
```

```
if (n == s[8]) {
```

```
    bdos = 3;
```

```
};
```

```
if ((n >= s[8] + 1) && (n <= s[8] + 7)) {
```

```
    bdos = 2;
```

```
};
```

```
if (n > s[8] + 7) {
```

```
    bdos = 1;
```

```
};
```

```
n = s[8];
```

```
if (m[0] == 0) {
```

```
    m[0] = s[5];
```

```
};
```

```
if ((s[5] != m[0]) && (m[1] == 0)) {
```

```
    m[1] = s[5];
```

```

};
if (s[5] == m[0]) {
    btres = 1;
};
if (s[5] == m[1]) {
    btres = 2;
};
if ((s[5] != m[0]) && (s[5] != m[1])) {
    btres = 3;
};

interactividad = buno * bdos * btres;
sigma = 0;

```

- *Módulo Ponderador Dispositivo Hipermedial Dinámico*

```

s[0] = x.getDouble(0);
s[1] = x.getDouble(1);
s[2] = x.getDouble(2);
s[3] = x.getDouble(3);
s[4] = x.getDouble(4);
s[5] = x.getDouble(5);
s[6] = x.getDouble(6);
s[7] = x.getDouble(7);
s[8] = x.getDouble(8);
s[9] = x.getDouble(9);

```

```

auno = s[0];
ados = s[5];

```

```

interactividad = auno * ados;
sigma = 0;

```

B.2. Pseudocódigo para la simulación en DEVS II

- El siguiente pseudocódigo corresponde a la función de transición interna del modelo atómico DEVS *Generador desde archivo* descrito en el Capítulo 6.

```
char buffer[1000000];

typedef struct{
float a;
float b;
float c;
float d;
float e;
float f;
float g;
float h;
}Script;
Script var;

fscanf(FOutput, "%u", &a);
fscanf(FOutput, "%c", buffer);
fscanf(FOutput, "%u", &b);
fscanf(FOutput, "%c", buffer);
fscanf(FOutput, "%u", &c);
fscanf(FOutput, "%c", buffer);
fscanf(FOutput, "%u", &d);
fscanf(FOutput, "%c", buffer);
fscanf(FOutput, "%u", &e);
fscanf(FOutput, "%c", buffer);
fscanf(FOutput, "%u", &f);
fscanf(FOutput, "%c", buffer);
fscanf(FOutput, "%u", &g);
fscanf(FOutput, "%c", buffer);
fscanf(FOutput, "%u", &h);
```

```
fscanf(FOutput, "%[^\n]", buffer);
```

```
s[0] = a;
```

```
s[1] = b;
```

```
s[2] = c;
```

```
s[3] = d;
```

```
s[4] = e;
```

```
s[5] = f;
```

```
s[6] = g;
```

```
s[7] = h;
```

- El siguiente pseudocódigo corresponde a la función de transición externa del modelo atómico DEVS *TO DISK* descrito en el Capítulo 6.

```
char buffer[1000000];
```

```
double *Aux;
```

```
if (x.port>=0) {
```

```
    Aux=(double*)(x.value);
```

```
    sprintf(buf, "%g, %g\n", t,*Aux);
```

```
    fwrite(buf,1,strlen(buf),FOutput);
```

```
}
```

C. Referencia sobre la implementación tecnológica de SEPI-DHD

1. Estructura general del código:

La Figura 27 presenta una captura de pantalla del entorno Eclipse [182] de la estructura general del código de SEPI-DHD.



Fig. 27. Estructura del código de SEPI-DHD.

2. Detalle de los principales módulos:

- Porciones de código de acceso a la base de datos de SEPI-DHD (edu.dhd.dao):

```
private void fillEvent(ResultSet rs, Event event) throws SQLException{
    Model modelo = event.getModelo();
    String user, rol, ph, tipo_ph, herramienta, servicio;
    Date horario;

    event.setId(rs.getLong("event_id"));

    user = rs.getString("user_name");
    event.setUsuario(user == null ? Event.NULL_STRING : user);

private String getEventsQuery()
{
return DataAccessObject.bigDump ? getSakaiBigDumpEventsQuery() : getSakaiEventsQuery();
}

private String getSakaiEventsQuery()
{
    StringBuilder builder = new StringBuilder();
    builder.append("SELECT e.event_id ");
    builder.append("    , s.session_user                AS ");
    builder.append("    user_id ");
    builder.append("    , r.role_name                AS ");
    builder.append("    rol_name ");
    builder.append("    , c.title                    AS ");
    builder.append("    ph_name ");
    builder.append("    , c.TYPE                    AS ");
    builder.append("    ph_type ");
```

- Porciones de código para la manipulación de las listas de los eventos de SEPI-DHD (edu.dhd.model):

```
package edu.dhd.model;

import java.text.SimpleDateFormat;
import java.util.ArrayList;
import java.util.Date;
import java.util.List;

public class Model {

    public static Model modelo;
    public static GraphicFilter filtro;

    private List<Event> _eventos;

    private Identities<String> _usuarios;
    private Weights<String> _roles;
    private Identities<String> _phs;
    private Weights<String> _tipos_phs;
    private Weights<String> _herramientas;
    private Weights<String> _servicios;
    private Identities<Date> _horarios;

    private SimpleDateFormat _formatoFecha;

    public Model()
    {
        _eventos = new ArrayList<Event>();
        _usuarios = new Identities<String>();
        _roles = new Weights<String>();
        _phs = new Identities<String>();
        _tipos_phs = new Weights<String>();
        _herramientas = new Weights<String>();
        _servicios = new Weights<String>();
    }
}
```

```

        _horarios = new Identities<Date>();
        _formatoFecha = new SimpleDateFormat("dd/MM/yyyy HH");
    }

```

- Porciones de código para la lógica de control de la herramienta SEPI-DHD (edu.dhd.logic):

```
package edu.dhd.logic;
```

```

import java.io.File;
import java.io.FileNotFoundException;
import java.io.PrintStream;
import java.text.SimpleDateFormat;
import java.util.Scanner;

```

```

import edu.dhd.model.Event;
import edu.dhd.model.Model;

```

```
public class ProcesamientoLogic {
```

```

    public void generarInput(Model modelo, String pathInput, String pathDatos) throws
        FileNotFoundException{

```

```
    }
```

```

    public void procesarOutput(Model modelo, String pathOutput, String pathDatos) throws
        Exception {

```

```
    }
```

```
public boolean ejecutarProcesamiento(Model modelo) {
```

```

    Runtime sistema;
    Process proceso;
    int retornoProceso;

```

```
}
```

```
private String getRegistroDatos(Event evento, boolean valorado) {
```

```
    StringBuilder escritor;
```

```
    SimpleDateFormat formateador;
```

```
}
```

```
private String getRegistroInput(Event evento) {
```

```
    StringBuilder builder;
```

```
    Model modelo = evento.getModelo();
```

```
}
```

- Porciones de código para el manejo de las gráficas de SEPI-DHD (edu.dhd.controller):

```
package edu.dhd.controller;
```

```
import java.io.IOException;
```

```
import javax.servlet.ServletException;
```

```
import javax.servlet.http.HttpServlet;
```

```
import javax.servlet.http.HttpServletRequest;
```

```
import javax.servlet.http.HttpServletResponse;
```

```
import edu.dhd.model.Event;
```

```
import edu.dhd.model.GraphicFilter;
```

```
import edu.dhd.model.Model;
```

```
public class GraficadoController extends HttpServlet {
```

```
private static final long serialVersionUID = 1L;
```

```

@Override
protected void doPost(HttpServletRequest request, HttpServletResponse response)
    throws ServletException, IOException {

    try {

        cargarFiltros(request);
        cargarPathArchivos(request);
        request.getRequestDispatcher("/WEB-INF/view/output.jsp").forward(request,
response);

    } catch (Exception e) { e.printStackTrace(); }

}

private void cargarFiltros(HttpServletRequest request) {

    GraphicFilter filtro = new GraphicFilter();
    filtro.setUsuario(request.getParameter("usuario"));
    filtro.setPaquete(request.getParameter("paqueteHipermedial"));
    filtro.setHerramienta(request.getParameter("herramienta"));
    filtro.setColoreo(request.getParameter("coloreo"));
    Model.filtro = filtro;

    request.setAttribute("filtro", filtro);
}

private void cargarPathArchivos(HttpServletRequest request) {
    String pathOutput = Event.Directory + Event.Output_File;
    String pathValores = Event.Directory + Event.Data_File;

    request.setAttribute("output", pathOutput);
    request.setAttribute("valores", pathValores);
}
}

```

3. Librerías utilizadas:

La Figura 28 presenta una captura de pantalla del entorno Eclipse [183] de las librerías utilizadas por SEPI-DHD.

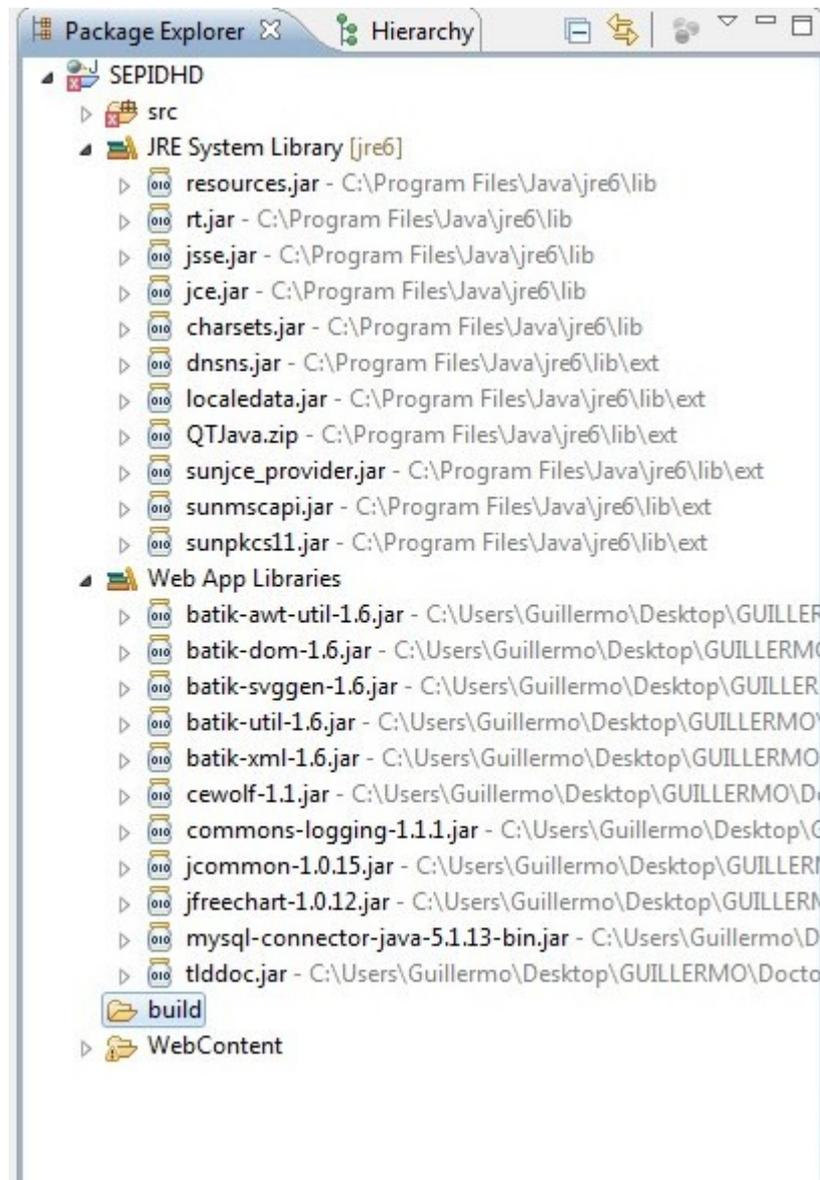


Fig. 28. Detalle de las librerías utilizadas por SEPI-DHD.

4. Páginas de navegación y de estilo:

La Figura 29 presenta una captura de pantalla del entorno Eclipse [184] de la estructura de navegación y páginas de estilo de SEPI-DHD.

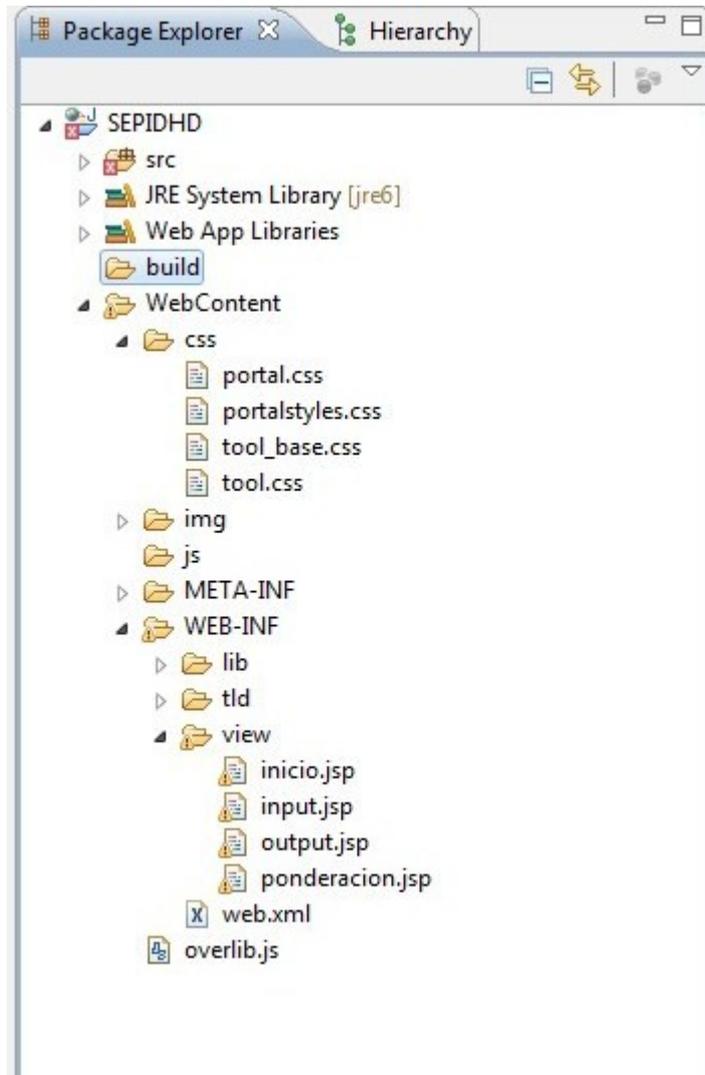


Fig. 29. Detalle de la estructura de navegación y páginas de estilo de SEPI-DHD.

Referencias

- [1] San Martín, P., Rodríguez, G. "El software libre en el campo del e-learning y de la producción musical" en San Martín, P. "Hacia un dispositivo Hipermedial Dinámico. Educación e investigación para el campo audiovisual interactivo", pp. 45-46, Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, 2008.
- [2] WEB 2.0 Expo 2010, disponible en: <http://www.web2expo.com/>
- [3] San Martín, P. "Hacia un dispositivo Hipermedial Dinámico. Educación e investigación para el campo audiovisual interactivo", pp. 212, Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, 2008.
- [4] San Martín, P. "Hacia un dispositivo Hipermedial Dinámico. Educación e investigación para el campo audiovisual interactivo", pp. 37-41, Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, 2008.
- [5] Sartorio, A. "Los contratos context-aware en aplicaciones para educación e investigación" en San Martín, P. "Hacia un dispositivo Hipermedial Dinámico. Educación e investigación para el campo audiovisual interactivo", pp. 147-149, Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, 2008.
- [6] Bar-Yam, Y. "Dynamics of complex systems", pp. 1-2, Addison-Wesley, New England, 1997.
- [7] Zeigler, B. "Theory of Modeling and Simulation", John Wiley & Sons, New York, 1976.
- [8] Zeigler, B., Kim, T.G., Praehofer, H. "Theory of Modeling and Simulation", Second edition. Academic Press, New York, 2000.
- [9] Olsina, L., Papa, F., Molina, H. "Organization-Oriented Measurement and Evaluation Framework for Software and Web Engineering Projects" en Lowe, D. y Gaedke, M. "Lecture Notes in Computer Science", Volume 3579/2005, pp. 42-52, Springer-Verlag, Berlín, 2005.
- [10] Entorno colaborativo de código abierto: <http://www.sakaiproject.org/>
- [11] Servidor de investigación y producción del equipo Obra Abierta: <http://www.mesadearena.edu.ar/>
- [12] Sistema de gestión de cursos de código abierto: <http://www.moodle.org/>
- [13] Campus Virtual de la Universidad Nacional de Rosario: <http://www.campusvirtualunr.edu.ar/>

- [14] 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. Disponible en: <http://www.fceia.unr.edu.ar/lisd/powerdevs/index.html>
- [15] Entorno colaborativo de código abierto: <http://www.sakaiproject.org/>
- [16] San Martín, P. "Hipertexto: Seis propuestas para este milenio", La Crujía, Buenos Aires, 2003.
- [17] Calvino, I. "Seis propuestas para el próximo milenio", Siruela, Madrid, 1989.
- [18] Borges, J. L. "Lewis Carroll. Obras Completas" en "Obras Completas", Tomo IV, tercera edición, Emecé Editores, Buenos Aires, 2005.
- [19] Vygotsky, L. "El desarrollo de los procesos psicológicos superiores", Grijalbo, Barcelona, 1988.
- [20] Castorina, J. "Representaciones sociales y conocimiento individual. Investigación psicológica y estudios interdisciplinarios", I Simposio Internacional Representación en la Ciencia y el Arte, La Falda, 2002.
- [21] Cossettini, O. y Cossettini, L. "Obras Completas", Ediciones AMSAFE, Santa Fe, 2001.
- [22] San Martín, P. y Martino, S. "La construcción de lo público mediado por un Dispositivo Hipermedial Dinámico", Primer Congreso Internacional Extraordinario de Ciencias Políticas, San Juan, 2010.
- [23] García, R. "Sistemas Complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria", Gedisa, Buenos Aires, 2007.
- [24] Izquierdo, L., Galán, J., Santos, J., del Olmo, R. "Modelado de sistemas complejos mediante simulación basada en agentes y mediante dinámica de sistemas", Empiria. Revista de Metodología de Ciencias Sociales, Madrid, 2008.
- [25] Galán, J., Izquierdo, L., Izquierdo, S., Santos, J., del Olmo, R., López-Paredes, A., Edmonds, B. "Errors and Artefacts in Agent-Based Modelling", Journal of Artificial Societies and Social Simulation, 2009.
- [26] Moscoloni, N. "El papel de la Estadística y el Análisis de Datos en la Interdisciplinariedad", en "Comunicación: evaluación institucional y curriculum", Universidad Nacional de Rosario Editora, Rosario, 1999.
- [27] SPSS Software para el análisis cualitativo de datos: <http://www.spss.com/>
- [28] ATLAS.TI Software para el análisis cualitativo de datos: <http://www.atlasti.com/>
- [29] San Martín, P. "Hacia un dispositivo Hipermedial Dinámico. Educación e investigación para el campo audiovisual interactivo", Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, 2008.

- [30] Rodríguez, G., San Martín, P., Sartorio, A. "Aproximación al modelado del componente conceptual básico del DHD", XV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, CACIC 2009, San Salvador de Jujuy, 2009.
- [31] San Martín, P., Guarnieri, G., Rodríguez, G., Bongiovani, P., Sartorio, A. "Dispositivo Hipermedial Dinámico. Campus Virtual UNR", Campus Virtual Universidad Nacional de Rosario, Rosario, 2010.
- [32] Rodríguez, G. "Desarrollo e implementación de métricas para el análisis de las interacciones del Dispositivo Hipermedial Dinámico", Jornadas Argentinas de Informática, JAIIO 2010, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2010.
- [33] Rodríguez, G. y San Martín, P. "Approximation to the Dynamic Hypermedial Device modeling for the analysis of interactions", Journal of Computer Science and Technology Vol. 10 - No. 3, La Plata, 2010.
- [34] Sartorio, A. y Rodríguez, G. "Condiciones DEVS en la coordinación de contratos sensibles al contexto para los DHD", XVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, CACIC 2010, Morón, 2010.
- [35] Rodríguez, G., Sartorio, A., San Martín, P. "SEPI: una herramienta para el Seguimiento y Evaluación de Procesos Interactivos del DHD", XVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, CACIC 2010, Morón, 2010.
- [36] Bell, D. "El advenimiento de la sociedad Post-industrial", Alianza Editorial, Madrid, 1976.
- [37] Toffler, A. "La tercera Ola", pp. 40, Plaza & Janes, Barcelona, 1980.
- [38] Silva, M. "Educación interactiva", pp. 48-49, Gedisa, Buenos Aires, 2005.
- [39] Levy-Leboyer, C. "Psicología y medio ambiente", Morata, Madrid, 1985.
- [40] Silva, M. "Educación interactiva", pp. 48-49, Gedisa, Buenos Aires, 2005.
- [41] San Martín, P. "Hacia un dispositivo Hipermedial Dinámico. Educación e investigación para el campo audiovisual interactivo", pp. 31, Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, 2008.
- [42] Barrientos Parra, X., Villaseñor Sanchez, G. "De la enseñanza a distancia al e-learning: consonancias y disonancias", Revista Telos N° 67, 2006.
- [43] Sartorio, A., San Martín, P. "Sistemas context-aware en dispositivos hipermediales dinámicos para educación e investigación", en San Martín, P. "Hacia un dispositivo Hipermedial Dinámico. Educación e investigación para el campo audiovisual interactivo", pp. 124-126, Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, 2008.
- [44] Foucault, M. "Saber y verdad", La piqueta, Madrid, 1991.

- [45] Albano, S. "Michel Foucault. Glosario Epistemológico", pp. 84, Edición Cuadrada, Buenos Aires, 2006.
- [46] Traversa, O. "Aproximaciones a la noción de dispositivo", pp. 233-247, Signo & Seña Nº 12, Instituto de Lingüística, Facultad de Filosofía y Letra, UBA, Buenos Aires, 2001.
- [47] Souto, M. "Los dispositivos pedagógicos desde una perspectiva técnica" en Souto, M y otros "Grupos y dispositivos de formación", Ediciones Novedades Educativas, Buenos Aires, 1999.
- [48] Traversa, O. "Aproximaciones a la noción de dispositivo", pp. 233, Signo & Seña Nº 12, Instituto de Lingüística, Facultad de Filosofía y Letra, UBA, Buenos Aires, 2001.
- [49] Traversa, O. "Aproximaciones a la noción de dispositivo", pp. 236, Signo & Seña Nº 12, Instituto de Lingüística, Facultad de Filosofía y Letra, UBA, Buenos Aires, 2001.
- [50] San Martín, P. "Hacia un dispositivo Hipermedial Dinámico. Educación e investigación para el campo audiovisual interactivo", pp. 39, Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, 2008.
- [51] San Martín, P. "Hacia un dispositivo Hipermedial Dinámico. Educación e investigación para el campo audiovisual interactivo", pp. 17, Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, 2008.
- [52] San Martín, P. "Hacia un dispositivo Hipermedial Dinámico. Educación e investigación para el campo audiovisual interactivo", pp. 30, Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, 2008.
- [53] Gell-Mann, M. "El quark y el jaguar. Aventuras en lo simple y lo complejo", pp. 35, Tusquets, Barcelona, 1995.
- [54] San Martín, P., Rodríguez, G. "El software libre en el campo del e-learning y de la producción musical" en San Martín, P. "Hacia un dispositivo Hipermedial Dinámico. Educación e investigación para el campo audiovisual interactivo", pp. 46, Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, 2008.
- [55] Piscitelli, A. "Ciberculturas 2.0. En la era de las máquinas inteligentes", Paidós, Buenos Aires, 2002.
- [56] Tosello, M. E. "Instrumentos de Mediación en la Sociedad de la Información", XXXIX Jornadas Argentinas de Informática, JAIIO 2010, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2010.
- [57] Cossettini, O. y Cossettini, L. "Obras Completas", Ediciones AMSAFE, Santa Fe, 2001.
- [58] San Martín, P; Guarnieri, G. "La Mesa de Arena: Una metáfora para un sistema dinámico de puesta en valor en formato digital interactivo del Archivo Olga y Leticia

- Cossettini", pp. 143-158, Revista Iberoamericana Educación, Salud y Trabajo. N° 6 y 7 (Tomo 1), UNR Editora, Rosario, 2009.
- [59] San Martín, P. "Hipertexto: Seis propuestas para este milenio", La Crujía, Buenos Aires, 2003.
- [60] San Martín P., Guarnieri G., Rodríguez, G., Bongiovani, P., Sartorio, A. "Dispositivo Hipermedial Dinámico. Campus Virtual UNR", Campus Virtual Universidad Nacional de Rosario, Rosario, 2010.
- [61] Enaudeau, C. "La paradoja de la representación", Paidós, Buenos Aires, 1999.
- [62] Lash, S. "Crítica de la información", Amorrortu, Buenos Aires, 2005.
- [63] Bruner, J. "La fábrica de historias. Derecho, literatura, vida", Fondo de Cultura Económica, Buenos Aires, 2001.
- [64] Cullen, C. "Filosofía, cultura y racionalidad crítica. Nuevos caminos para pensar la educación", La Crujía, Buenos Aires, 2004.
- [65] Deleuze, G., Guattari, F. "¿Qué es la filosofía?", Anagrama, Barcelona, 2001.
- [66] Deleuze, G., Guattari, F. "¿Qué es la filosofía?", pp. 218, Anagrama, Barcelona, 2001.
- [67] Deleuze, G., Guattari, F. "¿Qué es la filosofía?", pp. 219, Anagrama, Barcelona, 2001.
- [68] Badiou, A. "Filosofía del presente", Libros del Zorzal, Buenos Aires, 2005.
- [69] Deleuze, G. "Que es un dispositivo", Gedisa, Barcelona, 1990.
- [70] Meunier, J. P. "Dispositif et theories de la communications", Hermes 27, CNRS Editions, Paris, 2007.
- [71] Foucault, M. "Saber y verdad", pp. 185, La piqueta, Madrid, 1991.
- [72] García, R. "Sistemas Complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria", pp. 87, Gedisa, Buenos Aires, 2007.
- [73] Bar-Yam, Y. "Dynamics of complex systems", pp. 1-2, Addison-Wesley, New England, 1997.
- [74] Rost, A. "Pero, ¿De qué hablamos cuando hablamos de interactividad?", Congresos ALAIC/IBERCOM 2004, La Plata, 2004.
- [75] Rost, A. "Pero, ¿De qué hablamos cuando hablamos de interactividad?", pp. 6, Congresos ALAIC/IBERCOM 2004, La Plata, 2004.
- [76] Silva, M. "Educación Interactiva. Enseñanza y aprendizaje presencial y on-line", Gedisa, Barcelona, 2005.
- [77] Brusilovsky, P. "Methods and techniques of adaptive hypermedia. User Modeling and User Adapted Interaction", Springer Netherlands Ed., Berlín, 1996.

- [78] Berlanga Flores, A., García Peñalvo, F. "Sistemas Hipermedia Adaptativos en el ámbito de la educación", pp. 8, Informe técnico, Departamento de Informática y Automática, Universidad de Salamanca, Salamanca, 2004.
- [79] 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", pp. 97-166, Human-Computer Interaction (HCI) Journal, Vol. 16 (2-4), 2001.
- [80] Dourish, P. "What we talk about when we talk about context", pp. 19-30, Personal and Ubiquitous Computing, vol. 8, Nº 1, Roma, 2004.
- [81] Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., Vlissides, J. "Patrones de diseño", Addison Wesley, Madrid, 2003.
- [82] Buschmann, F., Meunier, R., Rohnert, H., Sommerlad, P., Stad, M. "Pattern-Oriented Software Architecture - A System of Patterns", John Wiley Press, Hardcover, 1996.
- [83] Berson, A. "Client/server architecture", McGraw-Hill Inc., New York, 1992.
- [84] Clements, P., Garlan, D., Bass, L., Stafford, J., Nord, R., Ivers, J., Little, R. "Documenting Software Architectures: Views and Beyond", Pearson Education, Indianapolis, 2002.
- [85] Paule, M.P., Fernández, M.J., Ortín, F., Pérez, J.R. "Adaptation in current elearning systems", pp. 62-70, Elsevier Computer Standards and Interfaces, Vol. 30, 2008.
- [86] Dagger, D., O'Connor, A., Lawless, S. et al. "Service-Oriented E-Learning Platforms: From Monolithic Systems to Flexible Services", pp. 28-35, IEEE Internet Computing, Vol.11, no.3, 2007.
- [87] Página oficial: <http://www.imsglobal.org/af/>
- [88] Página oficial: <http://www.okiproject.org/>
- [89] Extensible Markup Language. Página oficial: <http://www.xml.org/>
- [90] Hypertext Pre-processor (Personal Home Page Tools). Página oficial: <http://www.php.net/>
- [91] Página oficial: <http://www.e-framework.org/>
- [92] Sistemas de gestión de cursos de código propietario: <http://www.blackboard.com/>
- [93] Sistema de gestión de cursos de código abierto: <http://www.moodle.org/>
- [94] Sistema de gestión de cursos de código abierto: <http://dotlrn.org/>
- [95] Sistema de gestión de cursos de código abierto: <http://elgg.org/>
- [96] Página oficial: <http://www.gnu.org/copyleft/gpl.html/>

- [97] Entorno colaborativo de código abierto: <http://www.sakaiproject.org/>
- [98] Página oficial: <http://www.uoc.edu/portal/english/>
- [99] Página oficial: <http://www.google.com/ig/>
- [100] Página oficial: <http://www.protopage.com/>
- [101] O'Sullivan, D., Lewis, D. "Semantically Driven Service Interoperability for Pervasive Computing", pp. 80-92, 3rd ACM Int'l Workshop on Data Engineering for Wireless and Mobile Access, ACM Press, 2003.
- [102] Paule, M.P., Fernández, M.J., Ortín, F., Pérez, J.R. "Adaptation in current elearning systems", pp. 62-70, Elsevier Computer Standards and Interfaces, Vol. 30, 2008.
- [103] Lam, G., Rossiter, D. "Streaming Multimedia Delivery in Web Services Based E-Learning Platform", pp. 706-710, Seventh IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2007), 2007.
- [104] Página oficial: http://harmoni.sourceforge.net/wiki/index.php/OSID_Bridging/
- [105] Owen, N. C., Keeffe, I., Aoife, B., Wade, V. "Principles for Designing Activity-based Personalized eLearning", pp. 642-644, Seventh IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2007), 2007.
- [106] Página oficial: <http://www.rssboard.org/rss-specification/>
- [107] Página oficial: <http://www.w3.org/RDF/>
- [108] Kofman, E. "Introducción a la Modelización y Simulación de Sistemas de Eventos Discretos con el Formalismo DEVS", pp. 19, Apuntes del Curso Doctoral Modelado y Simulación de Sistemas Dinámicos, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, 2009.
- [109] Rodríguez, G., San Martín, P., Sartorio, A. "Aproximación al componente conceptual básico del DHD", XV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, CACIC 2009, San Salvador de Jujuy, 2009.
- [110] Rumbaugh, J., Jacobson, I., Booch, G. "The Unified Modeling Language Reference Manual", Addison Wesley Logman, Inc., Massachusetts, 1999.
- [111] Kofman, E. "Introducción a la Modelización y Simulación de Sistemas de Eventos Discretos con el Formalismo DEVS", pp. 19, Apuntes del Curso Doctoral Modelado y Simulación de Sistemas Dinámicos, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, 2009.
- [112] Zeigler, B. "Theory of modeling and Simulation", John Wiley & Sons, New York, 1976.
- [113] Zeigler, B., King, T. G., Praehofer, H. "Theory of modeling and Simulation", Second

edition, Academic Press, New York, 2000.

[114] 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, Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes – Resistencia, 2007.

[115] Olsina L., Martín M. "Ontology for Software Metrics and Indicators", pp. 262-281, Journal of Web Engineering Vol 2 N° 4, Rinton Press, 2004.

[116] 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, 2005.

[117] Olsina, L., Rossi, G. "Measuring Web Application Quality with WebQEM", pp. 20-29, IEEE Multimedia Magazine Vol 9 N° 4, 2002.

[118] Olsina, L., Rossi, G. "Measuring Web Application Quality with WebQEM", pp. 20-29, IEEE Multimedia Magazine Vol 9 N° 4, 2002.

[119] Dujmovic J., Bazucan A. "A Quantitative Method for Software Evaluation and its Application in Evaluating Windowed Environments", IASTED Software Engineering Conference, San Francisco, 1997.

[120] Kofman, E. "Introducción a la Modelización y Simulación de Sistemas de Eventos Discretos con el Formalismo DEVS", pp. 19, Apuntes del Curso Doctoral Modelado y Simulación de Sistemas Dinámicos, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, 2009.

[121] Zeigler, B., Sarjoughian, H. "Introduction to DEVS Modeling and Simulation with JAVA: A Simplified Approach to HLA-Compliant Distributed Simulations", Arizona Center for Integrative Modeling and Simulation. Disponible en: <http://www.acims.arizona.edu/>

[122] Kim, T. G. "DEVSIM++ User's Manual. C++ Based Simulation with Hierarchical Modular DEVS Models", Korea Advance Institute of Science and Technology, 1994. Disponible en <http://www.acims.arizona.edu/>

[123] 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. Disponible en: <http://www.fceia.unr.edu.ar/lcd/powerdevs/index.html>

[124] Kofman, E. "Introducción a la Modelización y Simulación de Sistemas de Eventos Discretos con el Formalismo DEVS", pp. 19, Apuntes del Curso Doctoral Modelado y Simulación de Sistemas Dinámicos, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura,

Universidad Nacional de Rosario, 2009.

[125] Sartorio, A., Cristiá, M. "First Approximation to DHD Design and Implementation", CLEI Electronic Journal, Vol. 12 Nº 1, 2009.

[126] San Martín P., Guarnieri G., Rodríguez, G., Bongiovani, P., Sartorio, A. "Dispositivo Hipermedial Dinámico. Campus Virtual UNR", Campus Virtual Universidad Nacional de Rosario, Rosario, 2010.

[127] Sartorio, A. "Los contratos context-aware en aplicaciones para educación e investigación" en San Martín, P. "Hacia un dispositivo Hipermedial Dinámico. Educación e investigación para el campo audiovisual interactivo", pp. 147-149, Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, 2008.

[128] Gross, T., Braun, S., Krause, S. "MatchBase: A Development Suite for Efficient Context-Aware Communication", pp. 308-315, Proceedings PDP '06, IEEE Computer Society, Los Alamitos, 2006.

[129] Schmidt, A. "Bridging the Gap Between E-Learning and Knowledge Management with Context-Aware Corporate Learning Solutions", Proceedings WM '05, Springer LNCS, 3782, 2005.

[130] 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", pp. 97-166, Human-Computer Interaction (HCI) Journal, Vol. 16 (2-4), 2001.

[131] Sartorio, A. "Los contratos context-aware en aplicaciones para educación e investigación" en San Martín, P. "Hacia un dispositivo Hipermedial Dinámico. Educación e investigación para el campo audiovisual interactivo", pp. 147-149, Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, 2008.

[132] HyperText Markup Language (Lenguaje de Marcado de Hipertexto). Página oficial: <http://www.manual-html.com/>

[133] Meyer, B. "Applying Design by Contract", pp. 40-51, IEEE Computer, 1992.

[134] Extensible Markup Language (Lenguaje de Marcas Extensible). Página oficial: <http://www.xml.org/>

[135] Sartorio, A. "Los contratos context-aware en aplicaciones para educación e investigación" en San Martín, P. "Hacia un dispositivo Hipermedial Dinámico. Educación e investigación para el campo audiovisual interactivo", pp. 147-149, Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, 2008.

- [136] Rumbaugh, J., Jacobson, I., Booch, G. "The Unified Modeling Language Reference Manual", Addison Wesley Logman, Inc., Massachusetts, 1999.
- [137] 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", pp. 97-166, Human-Computer Interaction (HCI) Journal, Vol. 16 (2-4), 2001.
- [138] Sartorio, A. y Rodríguez, G. "Condicionales DEVS en la coordinación de contratos sensibles al contexto para los DHD", XVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, CACIC 2010, Morón, 2010.
- [139] Rumbaugh, J., Jacobson, I., Booch, G. "The Unified Modeling Language Reference Manual", Addison Wesley Logman, Inc., Massachusetts, 1999.
- [140] Sartorio, A. "Un modelo comprensivo para el diseño de procesos en una aplicación e-learning", XIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, CACIC 2007, Corrientes y Resistencia, 2007.
- [141] Sartorio, A., Cristiá, M. "Primera aproximación al diseño e implementación de los DHD", XXXIV Congreso Latinoamericano de Informática, CLEI 2008, Santa Fe, 2008.
- [142] Rumbaugh, J., Jacobson, I., Booch, G. "The Unified Modeling Language Reference Manual", Addison Wesley Logman, Inc., Massachusetts, 1999.
- [143] Sartorio, A. "Los contratos context-aware en aplicaciones para educación e investigación" en San Martín, P. "Hacia un dispositivo Hipermedial Dinámico. Educación e investigación para el campo audiovisual interactivo", pp. 147-149, Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, 2008.
- [144] Rodríguez, G. "Desarrollo e implementación de métricas para el análisis de las interacciones del Dispositivo Hipermedial Dinámico", Jornadas Argentinas de Informática, JAIIO 2010, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2010.
- [145] Olsina, L., Rossi, G. "Measuring Web Application Quality with WebQEM", pp. 20-29, IEEE Multimedia Magazine Vol 9 N° 4, 2002.
- [146] 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. Disponible en: <http://www.fceia.unr.edu.ar/lsd/powerdevs/index.html>
- [147] Página oficial: <http://www.scilab.org/>
- [148] Sistema de gestión de cursos de código abierto: <http://www.moodle.org/>
- [149] Campus Virtual de la Universidad Nacional de Rosario:

<http://www.campusvirtualunr.edu.ar/>

[150] Rodríguez, G., Sartorio, A., San Martín, P. "SEPI: una herramienta para el Seguimiento y Evaluación de Procesos Interactivos del DHD", XVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, CACIC 2010, Morón, 2010.

[151] Entorno colaborativo de código abierto: <http://www.sakaiproject.org/>

[152] Entorno colaborativo de código abierto: <http://www.sakaiproject.org/>

[153] Página oficial: <http://www.okiproject.org/>

[154] Página oficial: <http://www.umich.edu/>

[155] Página oficial: <http://www.indiana.edu/>

[156] Página oficial: <http://web.mit.edu/>

[157] Página oficial: <http://www.stanford.edu/>

[158] Página oficial: <http://www.okiproject.org/>

[159] Página oficial: <http://www.jasig.org/uportal/>

[160] Página oficial: <http://www.mellon.org/>

[161] Página oficial: <http://www.apache.org/>

[162] Página oficial: <http://www.linux.org/>

[163] Página oficial: <http://www.mozilla.org/>

[164] Vinculación Tecnológica Campus Virtual Universidad Nacional de Rosario:
<http://ivt.campusvirtualunr.edu.ar/>

[165] Página de prueba: <http://3akai.sakaiproject.org/dev/>

[166] Página oficial: <http://sakaiproject.org/future-directions/>

[167] Página oficial: <http://www.agencia.gov.ar/>

[168] Rodríguez, G., Sartorio, A., San Martín, P. "SEPI: una herramienta para el Seguimiento y Evaluación de Procesos Interactivos del DHD", XVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, CACIC 2010, Morón, 2010.

[169] Sartorio, A., Cristiá, M. "First Approximation to DHD Design and Implementation", CLEI Electronic Journal, Vol. 12 N° 1, 2009.

[170] 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. Disponible en: <http://www.fceia.unr.edu.ar/lcd/powerdevs/index.html>

[171] Rumbaugh, J., Jacobson, I., Booch, G. "The Unified Modeling Language Reference Manual", Addison Wesley Logman, Inc., Massachusetts, 1999.

[172] Extensible Markup Language (Lenguaje de Marcas Extensible). Página oficial:

<http://www.xml.org/>

[173] Sartorio, A., Guarnieri, G., San Martín, P. "Students' interaction in an e-learning contract contextaware application with associated metric", International Technology, Education and Development Conference, INTED 2007, Valencia, 2007.

[174] 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, 2005.

[175] Página oficial: <http://ibatis.apache.org/>

[176] Página oficial: <http://ibatis-dao.jar/>

[177] Página oficial: http://ibatis-sqlmap.jar

[178] Rodríguez, G. "Desarrollo e implementación de métricas para el análisis de las interacciones del Dispositivo Hipermedial Dinámico", Jornadas Argentinas de Informática, JAIIO 2010, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2010.

[179] Sartorio, A. y Rodríguez, G. "Condiciones DEVS en la coordinación de contratos sensibles al contexto para los DHD", XVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, CACIC 2010, Morón, 2010.

[180] Sartorio, A. "Un modelo comprensivo para el diseño de procesos en una aplicación e-learning", XIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, CACIC 2007, Corrientes y Resistencia, 2007.

[181] Sartorio, A., San Martín, P. "Sistemas context-aware en dispositivos hipermediales dinámicos para educación e investigación", en San Martín, P. "Hacia un dispositivo Hipermedial Dinámico. Educación e investigación para el campo audiovisual interactivo", pp. 124-126, Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, 2008.

[182] Página oficial: <http://www.eclipse.org/>

[183] Página oficial: <http://www.eclipse.org/>

[184] Página oficial: <http://www.eclipse.org/>