



# CEDI 2010 VALENCIA

7 A 10 DE SEPTIEMBRE DE 2010

III CONGRESO ESPAÑOL DE INFORMÁTICA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

Actas de las XV Jornadas de Ingeniería del Software  
y Bases de Datos

| JISBD2010 | (SISTEDES)

EDITORES

Ernest Teniente, Silvia Abrahão



# ACTAS DE LAS XV JORNADAS DE INGENIERÍA DEL SOFTWARE Y BASES DE DATOS

## EDITORES

Ernest Teniente  
Silvia Abrahão

## PATROCINAN



**ACTAS DE LAS XV JORNADAS DE INGENIERÍA DEL SOFTWARE  
Y BASES DE DATOS (JISBD 2010)**

**Editores:** Ernest Teniente y Silvia Abrahão

**ISBN:** 978-84-92812-51-6

**IBERGARCETA PUBLICACIONES, S.L., Madrid, 2010**

**Edición:** 1ª

**Impresión:** 1ª

**Nº de páginas:** 374

**Formato:** 17 x 24

**Materia CDU:** 004 Ciencia y tecnología de los ordenadores. Informática

Reservados los derechos para todos los países de lengua española. De conformidad con lo dispuesto en el artículo 270 y siguientes del código penal vigente, podrán ser castigados con penas de multa y privación de libertad quienes reprodujeren o plagiaran, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica fijada en cualquier tipo de soporte sin la preceptiva autorización. Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño de la cubierta, puede ser reproducida, almacenada o transmitida de ninguna forma, ni por ningún medio, sea éste electrónico, químico, mecánico, el electro-óptico, grabación, fotocopia o cualquier otro, sin la previa autorización escrita por parte de la editorial.

Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos), [www.cedro.org](http://www.cedro.org), si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

COPYRIGHT © 2010 IBERGARCETA PUBLICACIONES, S.L.  
[info@garceta.es](mailto:info@garceta.es)

**Actas de las XV Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos (JISBD 2010)**

Derechos reservados ©2010 respecto a la primera edición en español, por LOS AUTORES

Derechos reservados ©2010 respecto a la primera edición en español, por IBERGARCETA PUBLICACIONES, S.L.

1ª Edición, 1ª Impresión

ISBN: 978-84-92812-51-6

Depósito legal: M-

**Maquetación:** Los Editores

**Coordinación del proyecto:** @LIBROTEX

**Portada:** Estudio Dixi

**Impresión y encuadernación:**

OI: 14/2010

PRINT HOUSE, S.A.

**IMPRESO EN ESPAÑA -PRINTED IN SPAIN**

*Nota sobre enlaces a páginas web ajenas:* Este libro puede incluir referencias a sitios web gestionados por terceros y ajenos a IBERGARCETA PUBLICACIONES, S.L., que se incluyen sólo con finalidad informativa. IBERGARCETA PUBLICACIONES, S.L., no asume ningún tipo de responsabilidad por los daños y perjuicios derivados del uso de los datos personales que pueda hacer un tercero encargado del mantenimiento de las páginas web ajenas a IBERGARCETA PUBLICACIONES, S.L., y del funcionamiento, accesibilidad y mantenimiento de los sitios web no gestionados por IBERGARCETA PUBLICACIONES, S.L., directamente. Las referencias se proporcionan en el estado en que se encuentran en el momento de publicación sin garantías expresas o implícitas, sobre la información que se proporcione en ellas.

## Comité Ejecutivo

**Presidente del Comité de Programa:**

*Ernest Teniente (Univ. Politècnica de Catalunya)*

**Presidenta del Comité Organizador y relaciones con CEDI 2010:**

*Silvia Abrahão (Univ. Politécnica de Valencia)*

**Coordinador de Talleres:**

*Juan Trujillo (Univ. de Alicante)*

**Coordinador de Demostraciones:**

*Alfredo Goñi (Univ. del País Vasco)*

**Coordinador de Tutoriales:**

*Vicente Pelechano (Univ. Politécnica de Valencia)*

**Coordinadora de Divulgación de Trabajos Relevantes ya Publicados:**

*Ana M. Moreno (Univ. Politécnica de Madrid)*

**Coordinador de Publicidad:**

*David Benavides (Univ. de Sevilla)*

**Coordinador de Actas:**

*Emilio Insfrán (Univ. Politécnica de Valencia)*

**Coordinador de la Web:**

*José Ángel Carsí (Univ. Politécnica de Valencia)*

## Comité Organizador (Univ. Politécnica de Valencia)

Abrahao, Silvia

Blanes, David

Canós, José Hilario

Carsí, José Ángel

Costa, Cristóbal

Fernández, Adrián

Gómez, Abel

González, Javier

Insfran, Emilio

Letelier, Patricio

Llavador, Manuel

Marante, María Isabel

Montagud, Sonia

Montero, Emanuel

Penadés, Ma. Carmen

Rodriguez, Lorena

## Comité de Programa

Aldana, José (Univ. de Málaga)  
Álvarez, Bárbara (Univ. Polit. Cartagena)  
Aramburu, María José (Univ. Jaume I)  
Araujo, Joao (Univ. Nova Lisboa)  
Barrena, Manuel (Univ. de Extremadura)  
Berlanga, Rafael (Univ. Jaume I)  
Boronat, Artur (Univ. de Leicester)  
Botella, Pere (Univ. Polit. Catalunya)  
Brisaboa, Nieves (Univ. A. Coruña)  
Cabot, Jordi (Univ. Oberta Catalunya)  
Cachero, Cristina (Univ. Alicante)  
Calero, Coral (Univ. Castilla-La Mancha)  
Canós, Hilario (Univ. Polit. Valencia)  
Cavero, José (Univ. Rey Juan Carlos)  
Corchuelo, Rafael (Univ. Sevilla)  
Costal, Dolores (Univ. Polit. Catalunya)  
Crespo, Yania (Univ. Valladolid)  
De la Fuente, Pablo (Univ. Valladolid)  
Dieste, Oscar (Univ. Polit. Madrid)  
Falcão e Cunha, João (Univ. Porto)  
Farré, Carles (Univ. Polit. Catalunya)  
Fdez-Bertoa, Manuel (Univ. Málaga)  
Fdez-Medina, Eduardo (Univ. Castilla-La Mancha)  
Fons, Joan (Univ. Polit. de Valencia)  
Franch, Xavier (Univ. Polit. Catalunya)  
Garbajosa, Juan (Univ. Polit. Madrid)  
García Molina, Jesús (Univ. Murcia)  
Garrigós, Irene (Univ. de Alicante)  
Genero, Marcela (Univ. Castilla-La Mancha)  
Génova, Gonzalo (Univ. Carlos III)  
Gómez, Jaime (Univ. Alicante)  
Guerra, Esther (Univ. Carlos III)  
Hernández, Juan (Univ. Extremadura)  
Illarramendi, Arantza (Univ. País Vasco)  
Irastorza, Arantza (Univ. País Vasco)  
Iribarne, Luis (Univ. Almeria)

Iturrioz, Jon (Univ. País Vasco)  
Juristo, Natalia (Univ. Polit. Madrid)  
Laguna, Miguel A. (Univ. Valladolid)  
Lara, Juan de (Univ. Aut. Madrid)  
Lopes, Antonia (Univ. Lisboa)  
Luque, Vicente (Univ. Carlos III)  
Marcos, Esperanza (Univ. Rey Juan Carlos)  
Mazón, José Norberto (Univ. Alicante)  
Mena, Eduardo (Univ. Zaragoza)  
Moreira, Ana (Univ. Nova Lisboa)  
Moreno, Juan José (Univ. Polit. Madrid)  
Murillo, Juan (Univ. Extremadura)  
Paramá, José Ramón (Univ. Coruña)  
Pastor, Oscar (Univ. Polit. Valencia)  
Piattini, Mario (Univ. Castilla-La Mancha)  
Pimentel, Ernesto (Univ. Málaga)  
Polo, Antonio (Univ. Extremadura)  
Quer, Carme (Univ. Polit. Catalunya)  
Ramos, Isidro (Univ. Polit. Valencia)  
Riquelme, José (Univ. Sevilla)  
Rito, Antonio (Univ. Tec. Lisboa)  
Roda, José Luis (Univ. La Laguna)  
Romero, José Raúl (Univ. Córdoba)  
Ruíz, Francisco (Univ. Castilla-La Mancha)  
Ruíz-Cortés, Antonio (Univ. Sevilla)  
Sagardui, Goiuria (Univ. Mondragón)  
Samos, José (Univ. Granada)  
Sánchez, Juan (Univ. Polit. Valencia)  
Sánchez, Víctor (Open Canarias)  
Toro, Miguel (Univ. de Sevilla)  
Toval, Ambrosio (Univ. Murcia)  
Trujillo, Salvador (IKERLAN)  
Tuya, Javier (Univ. Oviedo)  
Urpí, Toni (Univ. Polit. Catalunya)  
Vallecillo, Antonio (Univ. Málaga)  
Vela, Belén (Univ. Rey Juan Carlos)  
Vicente, Cristina (Univ. Polit. Cartagena)

## **Revisores Adicionales**

David Ameller  
Maidier Azanza  
Beatriz Bernárdez  
M<sup>a</sup> José Casany  
Pedro J. Clemente  
Jordi Conesa  
Antonio Fariña  
Jorge García  
Abel Gómez  
Manuel Llavador  
Esperanza Manso

Jorge Martínez Gil  
Ana Moreno  
Susana Muñoz Hernández  
Marc Oriol  
Oscar Pedreira  
Beatriz Pontes  
Manuel Resinas  
Esteban Robles Luna  
Sergio Segura  
Juan Manuel Vara  
Sira Vegas



**Conferencia Auspiciada por**





## Prólogo

Las XV Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos (JISBD) se celebraron en Valencia del 7 al 10 de Septiembre de 2010, en el marco del III Congreso Español de Informática (CEDI 2010). El objetivo principal de estas Jornadas fue el de debatir e intercambiar ideas, compartir experiencias y divulgar resultados, estableciendo, además, un marco propicio de colaboración entre los distintos sectores y grupos de trabajo de las áreas de ingeniería del software y de las bases de datos en la península ibérica. Las JISBD están organizadas bajo los auspicios de SISTEDES, la Sociedad de Ingeniería del Software y Tecnologías de Desarrollo de Software.

Las JISBD 2010 incluyeron tres tipos distintos de contribuciones: artículos de investigación originales, artículos ya publicados y demostraciones de herramientas. Los primeros describían resultados de investigación o experiencias industriales relativas a los campos de la ingeniería del software y de las bases de datos. En total se recibieron 37 artículos. Todos ellos fueron revisados por cuatro miembros del Comité de Programa siguiendo un sistema de revisión por pares. Finalmente, 21 de estos artículos fueron aceptados para su presentación en las Jornadas. Además, 2 artículos fueron seleccionados para participar en la conferencia como artículos cortos. Nos gustaría expresar desde aquí nuestro agradecimiento a todos los miembros del Comité de Programa por dedicar parte de su precioso tiempo revisando los artículos y proporcionando valiosos comentarios y valoraciones que han sido muy útiles durante el proceso de selección. Por supuesto, también queremos agradecer a todos los autores que enviaron artículos a las Jornadas por el esfuerzo realizado y por su interés en el evento. También merece la pena mencionar a EasyChair, el sistema de revisión de artículos que hemos utilizado, y que tan buenos resultados nos ha proporcionado.

Además de los artículos originales, las JISBD 2010 incluyeron 18 artículos ya publicados y 7 demostraciones de herramientas. El objetivo de la divulgación de trabajos ya publicados en fuentes de prestigio es, por una parte, dar a conocer dichas investigaciones en nuestro propio entorno, y por otra, contribuir a estimular a nuestros investigadores emergentes hacia este tipo de publicaciones. El número de artículos seleccionados supone un récord en las cuatro ediciones de las JISBD en las que se ha solicitado este tipo de contribución y es una demostración palpable de la madurez y del reconocimiento de la comunidad JISBD a nivel internacional. Las demostraciones de herramientas son el camino elegido por las JISBD para demostrar la viabilidad práctica de las propuestas teóricas y metodológicas formuladas por los equipos de investigación. Es de vital importancia insistir en la relevancia y utilidad de este objetivo en aras de conseguir un número más elevado de contribuciones de este tipo en próximas ediciones de las jornadas.

Como en ediciones anteriores, y contando asimismo con una importante participación e interés, se desarrollaron los Talleres asociados durante el primer día de las jornadas. En esta edición se realizaron un total de 6 talleres que han representado un importante centro de interés para los investigadores que trabajan en algunos temas determinados y que aprovecharon la ocasión para profundizar en estos temas e intentar realizar investigaciones en común con investigadores de otros grupos. Dos de estos talleres (ISELEAR e ADIS) celebraron ya su décima edición lo que supone una muestra de la madurez que han adquirido al largo de los años, DSDM su séptima, PRIS la quinta y los dos más noveles (PNIS y WASELF) realizaban ya su tercera edición. Un agradecimiento muy sincero también para todos los organizadores de los Talleres por la importante tarea que realizaron para asegurar el éxito de los mismos.

En referencia al programa, mencionar también la participación de Gustavo Alonso, investigador español trabajando en el ETH de Zurich (Suiza), conferenciante invitado de reconocido prestigio internacional, que nos ofreció la conferencia “Cloud computing y su impacto en la informática”. Nuestro agradecimiento a Gustavo por su interés y disponibilidad a participar en esta edición de las Jornadas.

El programa de las JISBD 2010 también incluyó dos tutoriales de candente actualidad sobre una aplicación práctica de una arquitectura dirigida por modelos y sobre la incorporación de requisitos de accesibilidad Web en el proceso de desarrollo de software. Es importante destacar que este año se

recibieron cuatro propuestas muy interesantes de tutoriales aunque dos de ellas tuvieron que quedar fuera por motivos de capacidad organizativa. Muchas gracias a todos los ponentes por sus propuestas y desde aquí animamos a los que no lo pudieron conseguir esta vez a que lo intenten en futuras ocasiones.

Finalmente, y aunque parezca una obviedad, destacar que la organización de un evento de la magnitud de las Jornadas no hubiera sido posible sin la colaboración de un grupo de personas excepcional y que asumieron su responsabilidad con la exigencia que un reto de estas características requería. Nos estamos refiriendo a los otros miembros del Comité Ejecutivo, que como tales se han encargado de impulsar y de coordinar los distintos aspectos que engloban la realización de las Jornadas: Talleres (Juan Carlos Trujillo), Demostraciones (Alfredo Goñi), Tutoriales (Vicente Pelechano), Divulgación de Trabajos Relevantes ya Publicados (Ana M. Moreno), Publicidad (David Benavides), Actas (Emilio Insfrán) y Web (José A. Carsí). Nuestro agradecimiento más sincero a todos ellos por su trabajo. También nuestro agradecimiento especial a todos los miembros del comité de organización local de JISBD por su dedicación y apoyo constante. Su inestimable esfuerzo, muchas veces poco visible, ha facilitado en gran medida la organización de estas Jornadas. Por último, queremos dar las gracias al Comité Permanente de las JISBD por confiar en nosotros para organizar esta quinceava edición de las Jornadas y por el apoyo continuo que nos ha proporcionado. Muchas gracias también a todos los patrocinadores de esta edición: Universidad Politécnica de Valencia (UPV), Departamento de Sistemas Informáticos y Computación de la UPV, la empresa InterSystems, la revista Novática y el Ministerio de Ciencia e Innovación, por su respaldo material en estos tiempos tan difíciles.

Valencia, Septiembre de 2010

Ernest Teniente y Silvia Abrahão (editores)

## Tabla de Contenidos

---

<b>I Conferencia Invitada</b>	
Cloud Computing y su Impacto en la Informática..... <i>Gustavo Alonso.</i>	3

---

<b>II Sesión 1. Desarrollo de Software Dirigido por Modelos</b>	
Plataforma DSDM para la Generación de Software Basado en Componentes en Entornos Empotrados..... <i>Joseba Andoni Agirre, Goiuria Sagardui y Leire Etxeberria.</i>	7
Representación mediante arquetipos y generación dirigida por modelo de guías clínicas ejecutables..... <i>David Buenestado, Juan Manuel Pikatza, Unai Segundo, Ander Iruetaguena, Raúl Barrena, Juan José García, Luis Aldamiz-Echevarría y Pablo Sanjurjo.</i>	17
Un lenguaje específico de dominio para aplicaciones domóticas..... <i>Manuel Jimenez, Francisca Rosique, Pedro Sánchez, Bárbara Álvarez y Andrés Iborra.</i>	29
An ADL dealing with aspects at software architecture stage..... <i>Amparo Navasa, Miguel A. Pérez-Toledano y Juan M. Murillo.</i>	31
A Model-Based Approach to Families of Embedded Domain-Specific Languages..... <i>Jesús Sánchez-Cuadrado y Jesús García Molina.</i>	33

---

<b>III Sesión 2. Ingeniería de Requisitos</b>	
Guía de diseño basada en el Modelo de Motivación del Negocio BMM* para la mejora del alineamiento entre el Almacén de Datos y la Estrategia del Negocio ..... <i>Ania Cravero, Juan Trujillo y Jose-Norberto Mazon.</i>	37
Integração de KAOS com Cenários Aspectuais ..... <i>Catia Oliveira, Joao Araujo y Carla Silva.</i>	49

Gestión de requisitos basada en pruebas de aceptación: Test-Driven en su máxima expresión .....	61
<i>María Isabel Marante Estellés, María Company Bria, Patricio Letelier Torres y Francisco Suárez Grueso.</i>	
From UML/OCL to SBVR Specifications: a Challenging Transformation .....	73
<i>Jordi Cabot, Raquel Pau y Ruth Raventós.</i>	

---

#### IV Sesión 3. Cambio y Evolución del Software

---

Un enfoque basado en valor para la refactorización software .....	77
<i>Emanuel Irrazabal, Juan Manuel Vara, Javier Garzas y Esperanza Marcos.</i>	
Un marco integral para el desarrollo de sistemas domóticos .....	87
<i>Francisca Rosique, Pedro Sánchez, Manuel Jiménez y Bárbara Álvarez.</i>	
Autonomic Computing through Reuse of Variability Models at Run-Time: The Case of Smart Homes .....	99
<i>Carlos Cetina, Pau Giner, Joan Fons y Vicente Pelechano.</i>	
Assessing the understandability of UML statechart diagrams with composite states—A family of empirical studies .....	101
<i>José A. Cruz-Lemus, Marcela Genero, M. Esperanza Manso, Sandro Morasca y Mario Piattini.</i>	
SODM+T: Inferencia de restricciones de rendimiento .....	103
<i>A. García Domínguez, I. Medina Bulo y M. Marcos Bárcena.</i>	

---

#### V Sesión 4. Ingeniería Web

---

A biclustering-based technique for requirement-driven Web Service selection .....	109
<i>María Pérez, Ismael Sanz y Rafael Berlanga.</i>	
Usabilidad en el Desarrollo Web Dirigido por Modelos: Resultados de un Experimento Controlado .....	121
<i>Adrian Fernandez, Silvia Abrahao y Emilio Insfran.</i>	
A Roadmap on Integrating Applications and Data on the Web.....	133
<i>Rafael Corchuelo, José L. Arjona, David Ruiz y José L. Álvarez.</i>	
The practical application of a process for eliciting and designing security in web service systems .....	143
<i>Gutiérrez, C., Rosado, D.G. y Fernández-Medina E.</i>	
Modelado de Requisitos de Calidad de Datos en Ingeniería Web .....	145
<i>César Guerra-García, Ismael Caballero y Mario Piattini.</i>	

---

## VI Sesión 5. Recuperación de la Información

---

Optimización de las búsquedas kNN en espacios métricos .....	153
<i>Luis A. González Ares, Nieves Rodríguez Brisaboa, Benjamín Bustos, Alberto Ordóñez Pereira y Óscar Pedreira Fernández.</i>	
vManager: un sistema CBVR basado en color local .....	163
<i>Rubén Morcillo, Pablo García, Andrés Caro y Manuel Barrena García.</i>	
Developing user-sensitive search engines from fuzzy concepts .....	175
<i>Victor Pablos Ceruelo, Susana Munoz-Hernandez y Alvaro Fernandez-Diaz.</i>	
Almacenamiento y explotación de grandes bases de datos orientadas a grafos	187
<i>Sandra Álvarez, Nieves R. Brisaboa, Susana Ladra y Óscar Pedreira.</i>	
A compressed self-indexed representation of XML documents .....	199
<i>Brisaboa, N. R.; Cerdeira-Pena, A. y Navarro, G. A.</i>	
VManager: una herramienta para la gestión de videos .....	201
<i>José Manuel Lanza, Miryam Salas y Manuel Barrena.</i>	

---

## VII Sesión 6. Integración de Aplicaciones / Ontologías

---

Analizando el acoplamiento entre las clases de una ontología OWL .....	207
<i>Juan Francisco García Navarro, Francisco José García Peñalvo y Roberto Theron.</i>	
Maturing Software Engineering Knowledge through: Classifications: A Case Study on Unit Testing Techniques .....	217
<i>S. Vegas, N. Juristo y V.R. Basili.</i>	
Evaluation of two heuristic approaches to solve the ontology meta-matching problem .....	219
<i>Jorge Martínez-Gil y José F. Aldana-Montes.</i>	
KA-SB: from data integration to large scale reasoning .....	221
<i>María del Mar Roldán-García, Ismael Navas-Delgado, Amine Kerzazi, Othmane Chniber, Joaquín Molina-Castro, José F Aldana-Montes.</i>	

---

## VIII Sesión 7. Calidad y Aplicaciones de la Ingeniería del Software

---

Armonizando ISO/IEC 20000 e ISO/IEC 27001 para integrar la gestión de servicios y la seguridad de la información .....	225
<i>César Pardo, Francisco Pino, Félix García, Mario Piattini y Javier Rosado.</i>	

Evaluación de un ecosistema software en organizaciones de desarrollo web bajo CMMI .....	237
<i>Iván Ruiz-Rube, Carlos Cornejo-Crespo, Juan Dodero y Mercedes Ruiz.</i>	
Diseño de robots de servicio: experiencias utilizando la Ingeniería del Software .....	249
<i>Andrés Iborra, Diego Alonso, Francisco Ortiz, Juan Pastor, Pedro Sánchez y Bárbara Álvarez.</i>	
HuRoME: Entorno para Modelado de Coreografías y Modernización de Código para un Robot Humanoide .....	251
<i>Juan F. Inglés-Romero, Cristina Vicente-Chicote y Diego Alonso.</i>	

---

### IX Sesión 8. Servicios

---

Automatic Service Agreement Negotiators in Open Commerce Environments .....	257
<i>Manuel Resinas, Pablo Fernández y Rafael Corchuelo.</i>	
A Model to Design and Verify Context-Aware Adaptive Service Composition .....	259
<i>Javier Cubo, Michele Sama, Franco Raimondi y David S. Rosenblum.</i>	
Explaining the Non-Compliance between Templates and Agreement Offers in WS-Agreement .....	261
<i>Carlos Müller, Manuel Resinas, y Antonio Ruiz-Cortés.</i>	
Java para Aplicaciones Corporativas de la Administración .....	263
<i>José García-Alonso, Javier Berrocal Olmeda y Juan M. Murillo.</i>	

---

### X Sesión 9. Validación y Verificación

---

Automated Analysis of Orthogonal Variability Models using Constraint Programming .....	269
<i>Fabricia Roos-Frantz, David Benavides y Antonio Ruiz Cortés.</i>	
Mutación evolutiva .....	281
<i>Juan Jose Dominguez-Jimenez, Antonia Estero-Botaro, Antonio García-Domínguez e Inmaculada Medina-Bulo.</i>	
Validación Global de Medidas para Modelos Conceptuales de Procesos de Negocio mediante Meta-Análisis .....	293
<i>Laura Sánchez González, Félix García, Francisco Ruiz y Mario Piattini.</i>	
Automated test data generation using a Scatter Search approach .....	299
<i>Raquel Blanco, Javier Tuya y Belarmino Adenso-Díaz.</i>	

Herramientas para la evaluación de la cobertura de pruebas de aplicaciones con bases de datos .....	301
<i>Javier Tuya, M<sup>a</sup> José Suárez-Cabal y Claudio de la Riva.</i>	

---

### XI Sesión 10. Miscelánea

---

Expressivity of a non-path pattern language for DAGs .....	307
<i>Simone Santini.</i>	
Estudio de género en las Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos .....	319
<i>Paloma Caceres Garcia de Marina, Belen Vela Sanchez, Jose Maria Cavero Barca, Natalia Juristo y Esperanza Marcos.</i>	
A survey on summarizability issues in multidimensional modeling* .....	327
<i>Jose-Norberto Mazón, Jens Lechtenbörger y Juan Trujillo.</i>	
SLR-Tool: A Tool for Performing Systematic Literature Reviews .....	329
<i>Ana M. Fernández Sáez, Marcela Genero y Francisco P. Romero.</i>	
An Eclipse-based prototype for detecting multidimensional facts in relational data sources .....	333
<i>Andrea Carmè Paul Hernández y Jose-Norberto Mazón.</i>	

---

### XII Tutoriales

---

Una aplicación práctica de Architecture-Driven Modernization (ADM) .....	339
<i>Jesús García Molina y Javier Luis Cánovas Izquierdo.</i>	
Cómo incluir requisitos de Accesibilidad Web en el proceso de desarrollo software .....	341
<i>Lourdes Moreno y Paloma Martínez.</i>	

---

### XIII Talleres

---

Apoyo a la Decisión en Ingeniería del Software (ADIS, 10 <sup>a</sup> ed.) .....	345
<i>Roberto Ruiz, Daniel Rodriguez, Marta Zorrilla y Jose Zubcoff.</i>	

Desarrollo de Software Dirigido por Modelos (DSDM, 7ª ed.) .....	347
<i>Orlando Avila-Garcia, Jordi Cabot, Javier Muñoz, Jose Raul Romero y Antonio Vallecillo.</i>	
Ingeniería del Software en E-Learning (ISELEAR, 1ª Ed.) .....	349
<i>Antonio Sarasa y Jose L. Sierra.</i>	
Procesos de Negocio e Ingeniería de Servicios (3ª Ed.) .....	351
<i>Maria Ribera, Joan A. Pastor, Antonio Ruiz-Cortes y Manuel Resinas.</i>	
Pruebas en Ingeniería del Software (PRIS, 5ª Ed) .....	353
<i>Claudio de la Riva, Peter Hodgson, Ewout van Driel, Fergus Flaherty, Juan Garbajosa, Luis Fernández, Macario Polo y Javier Tuya.</i>	
Workshop on Autonomic and Self-Adaptive Systems (WASELF, 3rd Edition) .....	355
<i>Javier Cámara, Carlos E. Cuesta y Miguel Ángel Pérez.</i>	

# Modelado de Requisitos de Calidad de Datos en Ingeniería Web

César Guerra-García, Ismael Caballero, Mario Piattini

Dept. de Tecnologías y Sistemas de Información

Universidad de Castilla-La Mancha

Ciudad Real, España

Cesararturo.guerra@alu.uclm.es, {Ismael.caballero, Mario.piattini}@uclm.es

## Resumen

En la actualidad, es fundamental mantener un nivel aceptable de calidad en los datos que gestionan las compañías, sobre todo en las aplicaciones Web que las representan en Internet. Desde un punto de vista basado en ingeniería del software, creemos que para asegurar esos niveles de calidad de datos (DQ), es imprescindible llevar a cabo una gestión de los requisitos específicos de DQ durante todo el proceso de desarrollo de la aplicación Web. Sin embargo, en el ámbito de desarrollo de aplicaciones Web no existen propuestas que contemplen artefactos para la gestión de este tipo de requisitos de calidad de datos. Considerando el enfoque MDA (*Model Driven Architecture*) como un medio de generalizar los resultados, y basándonos en particular en los beneficios de la Ingeniería Web Dirigida por Modelos (MDWE), en este artículo se presenta una propuesta de metamodelo ampliado, que permitirá modelar los elementos considerados básicos para la gestión de requisitos de DQ en aplicaciones Web. Además, también se presenta los artefactos desarrollados que permiten hacerlo operativo a través de un *plugin* desarrollado en la plataforma Eclipse.

## 1. Introducción

La definición más aceptada para el término Calidad de Datos (DQ) es “*adecuación al uso*” (“*fitness for use*”) [6]. Esto significa que un usuario estima la calidad de un conjunto de datos que va a utilizar, según las necesidades que tenga para una determinada tarea realizada en un contexto específico. La forma de representar esta calidad de datos es identificando un conjunto de criterios o dimensiones de DQ.

Aunque la investigación que se está desarrollando pudiera orientarse a cualquier tipo de software, nuestro interés se centra en las

aplicaciones Web, dado el rápido crecimiento que ha experimentado Internet en los últimos años. Como consecuencia se ha generado una intensa actividad investigadora en el área, en concreto dentro del campo de modelado funcional de aplicaciones Web, conocido también como *Ingeniería Web* [13].

El paradigma de *Ingeniería Dirigida por Modelos (MDE)* es una solución que ha venido siendo aplicada en el desarrollo de aplicaciones Web, obteniendo excelentes resultados [14]. La aplicación de MDE en la Ingeniería Web ha desembocado en una nueva disciplina llamada *Ingeniería Web Dirigida por Modelos (MDWE)*. MDWE propone la representación de conceptos usando metamodelos, soportando el proceso de desarrollo por un conjunto de transformaciones y relaciones entre conceptos, permitiendo desarrollos ágiles y asegurando la consistencia entre los modelos [3]. La gran mayoría de las investigaciones en este campo están orientadas principalmente a las fases de análisis y diseño [4]. En este contexto, se han propuestos diferentes lenguajes, métodos, herramientas y patrones de diseño para el modelado Web. Casi todos ellos proponen procesos específicos para soportar el desarrollo sistemático y semiautomático de estas aplicaciones. Sin embargo, muy pocas de las metodologías existentes inician el ciclo de desarrollo con un análisis de requisitos detallado [4], lo que permitiría mejorar la calidad del software resultante.

En este tipo de aplicaciones, desafortunadamente, y como es fácilmente constatable, pueden ocurrir problemas debido a niveles inadecuados de calidad en los datos gestionados en este tipo de aplicaciones Web, incluso aunque el nivel de calidad del software implementado en las funcionalidades provistas fuera extraordinario. Así, Batini et al. en [1], aunque no se centren en concreto en aplicaciones Web, identifican a modo de ejemplo, situaciones habituales en los que un

sistema de información que utiliza datos con un nivel de calidad inadecuado, puede llegar a afectar negativamente el trabajo de las personas y por consecuencia el desempeño de la organización. Además, hemos podido confirmar que no existen trabajos que contemplen la introducción de requisitos de DQ que complementen a otros requisitos, tanto funcionales como no funcionales, al desarrollar aplicaciones Web. Debido a esta falta de metodologías y propuestas para la especificación de requisitos de DQ, surge la necesidad de considerar este tipo de requisitos durante todo el proceso de desarrollo de software, y en un sentido más estricto, en la etapa inicial de especificación de requisitos [7].

Teniendo en cuenta los beneficios que se pueden conseguir al generalizar a cualquier tipo de aplicación los resultados obtenidos, y considerando las ventajas de MDWE, la principal aportación de este trabajo al campo del desarrollo de software dirigido por modelos, es la propuesta de un metamodelo ampliado que incorpora los aspectos relacionados con la gestión de requisitos de DQ a través de distintos diagramas (casos de uso, actividades), colaborando con esto al diseño de aplicaciones Web sensibles a aspectos de DQ desde las fases más tempranas del desarrollo.

El resto del documento está organizado de la siguiente manera: la segunda sección muestra una breve descripción de los aspectos principales del área de DQ, además detalla los trabajos relacionados con la Ingeniería de Requisitos Web, así como el metamodelo tomado como base (*WebRE*); en la sección tres se presenta el metamodelo propuesto ampliado con DQ, para la especificación y modelado de requisitos de DQ (*DQ\_WebRE*); en la sección cuatro se muestra un ejemplo de aplicación mediante el uso del *plugin* desarrollado en la herramienta Eclipse; por último, en la sección cinco se mencionan las conclusiones y el trabajo futuro.

## 2. Trabajos relacionados

### 2.1. Calidad de datos

Existen varias definiciones de calidad de datos. No obstante, como se comentó en la introducción, puede afirmarse que la gran mayoría de autores coinciden en que un dato es de calidad si es válido para el propósito en que un usuario quiere

utilizarlo para una tarea determinada [15]. Una de las estrategias más interesantes para abordar el estudio de calidad de datos para un contexto en específico, es dividirla en partes más pequeñas conocidas en el campo de calidad de datos como *dimensiones de calidad de datos* [12]. La agrupación de varias de estas dimensiones recibe el nombre de modelo de calidad de datos [12].

Si bien no existe un modelo universal de DQ, el propuesto por el estándar internacional ISO/IEC 25012 [10] para Sistemas de Información (SI), proporciona una buena aproximación para que los usuarios y desarrolladores puedan aplicarlo. El modelo propuesto por el estándar identifica quince características o dimensiones [10]: *Exactitud, Completitud, Consistencia, Credibilidad, Actualidad, Accesibilidad, Conformidad, Confidencialidad, Eficiencia, Precisión, Trazabilidad, Entendibilidad, Disponibilidad, Portabilidad y Recuperabilidad*.

Dentro del ámbito de la calidad de datos (DQ) y hasta donde se ha podido comprobar en las fuentes bibliográficas a nuestro alcance [8], no existe una definición clara y específica del significado de “*Requisito de DQ*”, por lo que resulta obligatoria su definición. Para ello se decidió partir de la definición de *requisito* proporcionada por el estándar IEEE 610.12-1990 [9]:

- 1) Una condición o capacidad necesitada por un usuario para resolver un problema o alcanzar un objetivo,
- 2) Una condición o capacidad que tiene que ser cumplida o poseída por un sistema o componente de un sistema para satisfacer un contrato, estándar o especificación, u otro documento impuesto de manera formal,
- 3) Una representación documentada de una condición o capacidad como se ha expresado anteriormente en 1 ó 2.

Estas definiciones abarcan tanto el punto de vista del usuario, como el punto de vista de los desarrolladores. De esta manera, una vez analizado las definiciones anteriores, se propone definir “*requisito de DQ*” como “*la especificación de las dimensiones o características que un conjunto de datos debería cumplir para una tarea específica*”. El propósito principal es satisfacer las necesidades específicas de DQ que cada uno de los usuarios requiere en un momento determinado.

## 2.2. Ingeniería web

Una vez realizado un análisis de distintas metodologías para desarrollo Web que soportan las fases de requisitos y diseño a través de un determinado proceso, notación o herramienta, se encontraron las siguientes propuestas principales: *NDT* [3], *UWE* [11], *WebML* [2], *WebRE* [5] y *WebSA* [13]. Un estudio comparativo de estas metodologías se muestra en [4], enfocado principalmente en los tipos de requisitos que gestionan, las técnicas empleadas y el grado de detalle de cada propuesta en términos de su proceso de desarrollo. Todas estas metodologías se centran principalmente en la definición de aspectos funcionales, relacionados a la semántica de los modelos y orientados a la captura de propiedades relevantes de este tipo de aplicaciones Web.

El metamodelo propuesto por Escalona y Koch en [5], muestra los elementos principales para el modelado de requisitos Web mediante un diagrama de clases. Las metACLases representan los conceptos sin ninguna información acerca de su representación, y son agrupadas en dos paquetes siguiendo la estructura del metamodelo de UML "*WebRE Structure*" y "*WebRE Behavior*". La funcionalidad de un sistema Web (*WebRE Behavior*) es modelada por un conjunto de instancias de dos tipos de casos de uso específicos "*Navigation*" y "*WebProcess*", y actividades específicas como "*Browse*", "*Search*" y "*UserTransaction*". El segundo paquete del metamodelo "*Structure Package*", contiene las metACLases usadas para describir los elementos estructurales del sistema Web: contenido (*Content*), nodo (*Node*) e interfaz de usuario Web (*WebUI*).

## 3. Metamodelo de requisitos de calidad de datos para aplicaciones web

Una de las motivaciones más importantes de este trabajo, es la necesidad de dotar a los analistas y desarrolladores de aplicaciones Web, de las herramientas necesarias para especificar e implementar de forma clara e intuitiva los requisitos de DQ mediante distintos elementos de modelado.

Como se mencionó previamente, las principales metodologías Web se centran en los

aspectos funcionales. Ninguna de estas propuestas ha tratado de integrar en sus métodos o herramientas bajo una consideración explícita las características de calidad en los datos gestionados por estas aplicaciones. Algunas de las propuestas como en [2, 3, 5] mencionan ciertos objetivos específicos de información que deberían ser considerados al momento de diseñar la aplicación Web, sin embargo, no profundizan en su estudio ni consideran ningún tipo de requisito o especificación de características de DQ.

Habiendo hecho un análisis a fondo de las diferentes propuestas, se decidió tomar como base el trabajo realizado por Escalona y Koch (*WebRE*) [5], en el cual se propone un metamodelo para la representación de conceptos y relaciones de *Ingeniería de Requisitos Web*. Una de las razones por la que se optó considerar esta propuesta como plataforma para la incursión de aspectos de calidad de datos, fue la flexibilidad que provee su propuesta de metamodelo y el perfil para la especificación de requisitos Web, lo que nos permitirá de alguna manera realizar una especificación y/o modelado de requisitos de DQ específicos necesarios y relacionarlos a cada uno de los elementos Web mencionados en el metamodelo. *WebRE* fue concebido a partir de un análisis exhaustivo de diferentes propuestas Web que tratan con requisitos [5]. Uniendo criterios y definiendo un metamodelo unificado, ajustándose a estándares como MDA, UML y OCL.

Una vez mostrado en la sección 2.2 las características y elementos principales del metamodelo tomado como base, en esta sección se describe la propuesta de un metamodelo ampliado (*DQ\_WebRE*) para la integración de los elementos considerados básicos para la gestión de requisitos de DQ. Habiendo realizado previamente una revisión de las principales propuestas para la especificación y modelado de requisitos de DQ [8], se consideraron los siguientes conceptos: "*DQRequirement*", "*InformationCase*", "*Add\_DQ\_Metadata*", "*DQ\_Validator*" y "*DQ\_Metadata*". Dichos conceptos se presentan como elementos fundamentales dentro del metamodelo propuesto (ver Figura 1).

La metACLase "*DQ\_Requirement*" representa un *caso de uso* específico, necesario para modelar los requisitos de DQ (dimensiones de DQ) que estarán relacionados a los casos de uso "*InformationCase*" (IC).

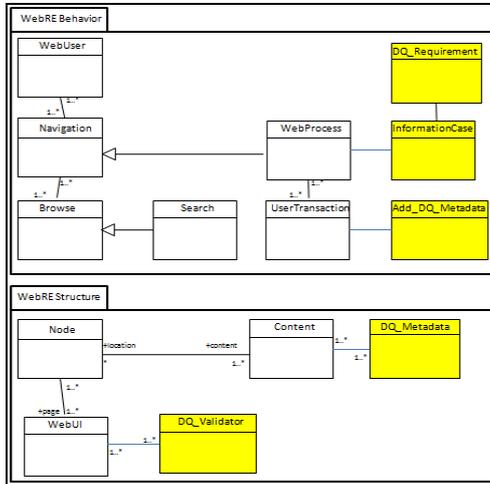


Figura 1. Metamodelo para especificación de requisitos de calidad de datos *DQ\_WebRE*.

La metaclassa “*InformationCase*” representa los casos de información (IC) de la aplicación Web. Los IC a diferencia de los casos de uso normales, su principal función es gestionar y almacenar los datos involucrados con las funcionalidades de tipo “*WebProcess*”.

La metaclassa “*Add\_DQ\_Metadata*” representa una actividad concreta relacionada a las diferentes actividades “*UserTransaction*”, esta metaclassa se encarga de agregar y/o verificar la información de DQ (metadatos de DQ) asociada a cada una de las instancias de las metaclassas *DQ\_Metadata* y *DQ\_Validator*. La metaclassa “*DQ\_Metadata*” representa un elemento estructural de la aplicación Web. Aquí serán gestionados y almacenados los metadatos de DQ. Estos metadatos estarán asociados a los elementos de tipo “*Content*”. En este sentido, será posible especificar diferentes requisitos de DQ ligados directamente a los datos almacenados en las instancias de tipo “*Content*”. La metaclassa “*DQ\_Validator*” (elemento estructural) será la responsable de implementar funciones específicas de DQ, con el objetivo de validar o restringir los elementos de interfaz de usuario (*WebUI*) que proveerá la aplicación Web.

#### 4. Ejemplo de aplicación usando un plugin desarrollado en eclipse

El metamodelo *DQ\_WebRE* se implementó en la plataforma Eclipse, haciendo uso del marco de trabajo *EMF* (*Eclipse Modeling Framework*). Una

de las razones principales por la que se decidió utilizar *EMF* para la implementación del metamodelo, fue debido a las características y ventajas que provee, ya que los modelos generados a partir de este metamodelo podrán ser almacenados en formato *XMI* (*XML Metadata Interchange*), el cual puede considerarse como un modelo de entrada para posteriormente implementar las transformaciones necesarias y convertir los modelos definidos (diagramas de casos de uso y actividades) a modelos de diseño (por ejemplo, diagramas de clases) y posteriormente código.

Con el objetivo de soportar nuestro enfoque, se desarrolló un *plugin* usando *GMF* (*Graphical Modeling Framework*) proporcionado por *Eclipse*. Dicho *plugin* proporciona un ambiente de trabajo adecuado para modelar los distintos elementos para la gestión de la calidad de datos mediante diagramas de casos de uso y de actividades. En la parte derecha de la herramienta (ver Figura 2), se puede observar un “*toolbox*” especial con los elementos definidos en el metamodelo “*DQ\_WebRE*”. El ejemplo ilustrativo describe un proceso de negocios típico de una aplicación Web, que permite llevar a cabo la reserva y pago de entradas para conciertos y eventos. En este ejemplo, un analista podría modelar el correspondiente caso de uso “*Realizar reserva de entradas*” usando los elementos propios del metamodelo (ver Figura 2). En este diagrama el analista incluye el caso de uso “*Hacer reserva y pago de entradas*” (de tipo *InformationCase*), el cual se puede relacionar con los requisitos específicos de DQ (Asegurar *Confidencialidad* de los datos, Garantizar *Exactitud* de datos respecto al formato, Verificar *Compleitud* en datos introducidos y Confirmar la *Credibilidad* de los datos), indicando de esta forma que los datos gestionados por este tipo de caso de uso deberán cumplir dichos requisitos de DQ, los cuales deberían ser implementados en las etapas posteriores de diseño y programación de la aplicación Web. Haciendo uso de los elementos definidos en el metamodelo, es posible también realizar los correspondientes diagramas de actividad (ver Figura 3). En esta figura, el diagrama modela las actividades principales llevadas a cabo con el objetivo de describir de mejor manera el caso de uso “*Realizar reserva de entradas*”. El cliente primeramente debería ser capaz de ver los eventos disponibles.

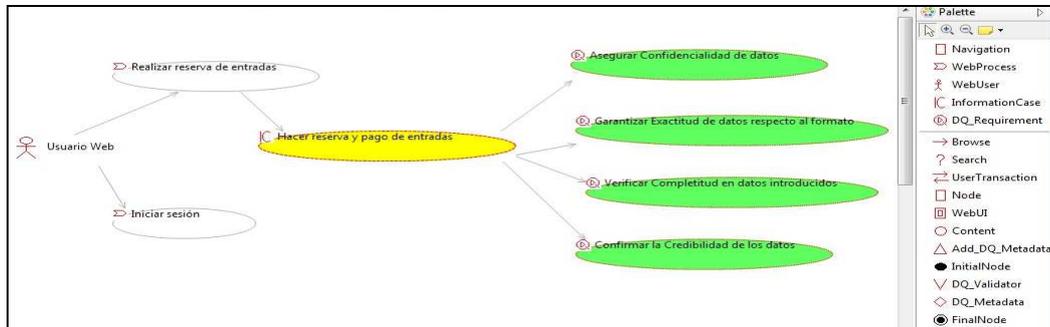


Figura 2. Diagrama de casos de uso especificando requisitos de DQ.

Sin embargo, para poder realizar una reserva de entradas tendrá que registrarse o iniciar sesión en la aplicación Web. Una vez que se consigue el acceso a la aplicación, el cliente podrá seleccionar el evento y verificar la disponibilidad y el coste; si el cliente está de acuerdo con los datos, podrá hacer la reserva introduciendo los datos específicos para la reserva. Enseguida el cliente podrá realizar el pago de las entradas y el sistema le enviará las entradas de forma electrónica por email. En este diagrama de actividades (Figura 3), el analista será capaz de modelar las actividades específicas para cumplir con los requisitos de DQ, estas actividades estarán relacionadas a los distintos elementos propios del modelado de la aplicación Web. En este ejemplo ilustrativo, la actividad “*Verificar y agregar metadatos de confidencialidad*” será la responsable de cotejar y anexar dichos metadatos de confidencialidad, los cuales serán almacenados en una instancia de la clase “*DQ\_Metadata*”, cumpliendo de esta manera con el requisito de DQ de “*Asegurar Confidencialidad de datos*”. En el diagrama también se observa la relación existente entre los metadatos de Confidencialidad y los datos de la reserva. La actividad “*Verificar Exactitud de los datos*”, será la responsable de agregar las funciones específicas (almacenadas en una instancia de la clase “*DQ\_Validator*”) para verificar el requisito de DQ “*Garantizar Exactitud de datos respecto al formato*”, de los datos gestionados en la “*Página Web de reservas*” (de tipo *WebUI*). De manera similar, la actividad “*Verificar Completitud de datos*” estará encargada de agregar las funciones específicas para verificar la *Completitud* de cada uno de los elementos gestionados dentro de la “*Página Web de pagos*” (tipo *WebUI*). Finalmente, la actividad “*Verificar Credibilidad de datos*” será la responsable de

gestionar y agregar los metadatos de DQ (almacenados en una instancia de la clase “*DQ\_Metadata*”), con el objetivo de garantizar el requisito de DQ de “*Confirmar la Credibilidad de los datos*”, el cual estará relacionado con los datos respectivos de *Facturación* (de tipo “*Content*”).

## 5. Conclusiones y trabajo futuro

En los últimos años, las aplicaciones Web se han consolidado como uno de los principales recursos de información para la gran mayoría de las organizaciones. Sin embargo, ninguna de las metodologías de desarrollo Web contempla la gestión de requisitos de DQ durante su proceso de implementación. Dada su importancia, desde nuestra investigación creemos que deberían ser considerados desde la etapa inicial de cualquier ciclo de desarrollo. Una correcta gestión de este tipo de requisitos ayudará a los desarrolladores a eliminar o al menos minimizar posibles futuros problemas con los datos, permitiendo a su vez a los usuarios de las aplicaciones, efectuar con un mayor nivel de confianza todo tipo de tareas y procesos tanto internos (dentro de una misma organización), como externos (procesos de negocio) con otras empresas y clientes.

Una propuesta de solución a la problemática planteada se muestra en este artículo, en el cual basándonos en el enfoque de desarrollo dirigido por modelos, se presenta un metamodelo ampliado (*DQ\_WebRE*) para la gestión de requisitos de calidad de datos, tomando como base el metamodelo (*WebRE*) para la especificación de requisitos de aplicaciones Web. Mediante la especificación de este metamodelo y haciendo uso del plugin desarrollado, es posible gestionar y modelar los aspectos clave de DQ desde la etapa inicial del proceso de desarrollo.

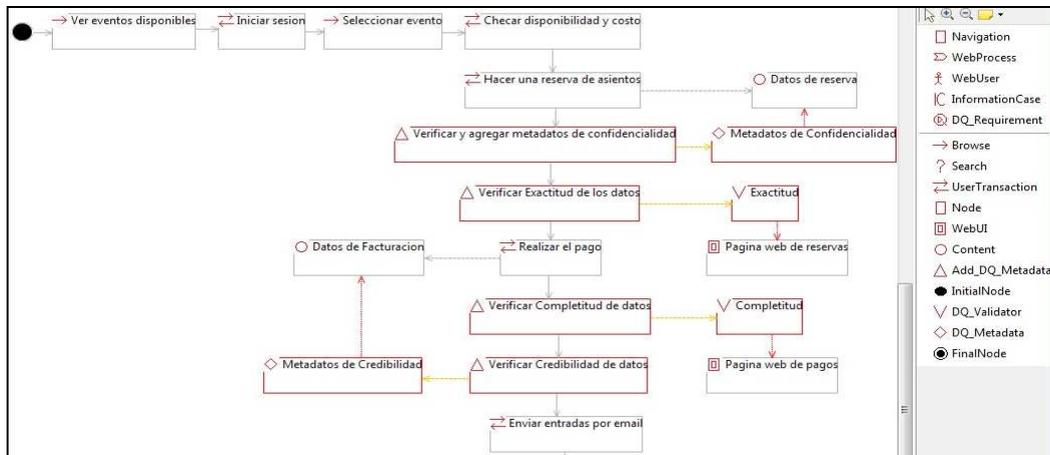


Figura 3. Diagrama de actividades con gestión de DQ.

Permitiendo a los desarrolladores el tener conciencia de los requisitos de DQ que necesitan ser implementados para las diferentes funcionalidades (casos de uso) que proveerá la aplicación Web.

Como trabajo futuro se ha planificado la incorporación de mecanismos o reglas de transformación de modelos, mediante el lenguaje *QVT*. Lo que permitirá obtener a partir de modelos de análisis distintos modelos de diseño y posteriormente la generación de código de forma semiautomática. Todo ello con el objetivo final de desarrollar aplicaciones Web de forma más rápida, asegurando a su vez la calidad en los datos que éstas gestionan.

## Referencias

- [1] Batini, C., et al. A Framework and a Methodology for Data Quality Assessment and Monitoring. in 12th International Conference on Information Quality. 2007. MIT, Cambridge, MA.
- [2] Ceri, S., P. Fraternali, and A. Bongio, Web Modeling Language (WebML): a modeling language for designing Web sites. *Computer Networks*, 2000. 33(1-6): p. 137-157.
- [3] Escalona, M.J. and G. Aragón, NDT. A Model-Driven Approach for Web Requirements. *IEEE Trans. Softw. Eng.*, 2008. 34(3): p. 377-390.
- [4] Escalona, M.J. and N. Koch, Requirements Engineering for Web Applications: A Comparative Study. *Journal on Web Engineering*, 2004. 2: p. 193-212.
- [5] Escalona, M.J. and N. Koch, Metamodeling the Requirements of Web Systems, in *Web Information Systems and Technologies*, S.B. Heidelberg, Editor. 2006. p. 267-280.
- [6] Ge, M. and M. Helfert. A Review of Information Quality Research. in *International Conference on Information Quality*. 2007. MIT, Cambridge, MA, USA.
- [7] Guerra-García, C., I. Caballero, and M. Piattini. DQ-VORD: A Methodology for Managing and Integrating Data Quality Requirements into Software Requirement Specification. in *IADIS International Conference WWW/INTERNET 2009*. 2009. Rome, Italy.
- [8] Guerra-García, C., I. Caballero, and M. Piattini. A Systematic Literature Review of How to Introduce Data Quality Requirements into a Software Product Development. in *5th. International Conference on Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering, ENASE*. 2010. Athens, Greece.
- [9] IEEE, IEEE Std 610.12-1990 IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology - Description. 1990.
- [10] ISO-25012, ISO/IEC 25012: Software Engineering-Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)-Data Quality Model. 2008.
- [11] Koch, N. and A. Kraus, The Expressive Power of UML-based Web Engineering, in *Second Int. Workshop on Web-oriented Software Technology (IWWOST '02)*. 2002: Málaga, Spain. p. 105-119.
- [12] Lee, Y.W., et al., *Journey to Data Quality*. 2006, Cambridge, MA, USA: Massachusetts Institute of Technology.
- [13] Meliá, S. and J. Gómez, Applying Transformations to Model Driven Development of Web applications, in *Perspectives in Conceptual Modeling*, S.B. Heidelberg, Editor. 2005. p. 63-73.
- [14] Moreno, N. and A. Vallecillo, Towards interoperable Web engineering methods. *Journal of American Society for Information Science and Technology*, 2008. 59(7): p. 1073-1092.
- [15] Strong, D.M., Y.W. Lee, and R.Y. Wang, Data Quality in Context. *Communications of the ACM*, 1997. 40(5): p. 103-110.