

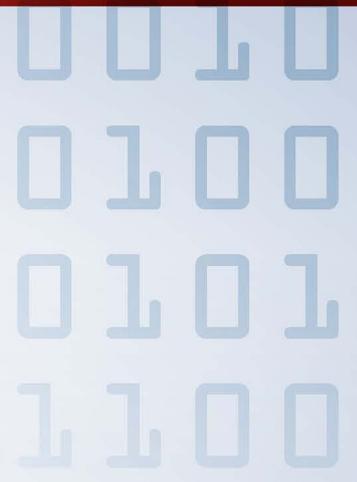


CEDI 2010 VALENCIA

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 reprodujeran 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, si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

COPYRIGHT © 2010 IBERGARCETA PUBLICACIONES, S.L.
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

Rodríguez, 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^a 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

I Conferencia Invitada	
<hr/>	
Cloud Computing y su Impacto en la Informática..... <i>Gustavo Alonso.</i>	3
<hr/>	
II Sesión 1. Desarrollo de Software Dirigido por Modelos	
<hr/>	
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
<hr/>	
III Sesión 2. Ingeniería de Requisitos	
<hr/>	
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^a 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 ^a 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>	

Validación Global de Medidas para Modelos Conceptuales de Procesos de Negocio mediante Meta-Análisis

Laura Sánchez-González, Félix García, Francisco Ruiz, Mario Piattini

Grupo Alarcos, Universidad de Castilla La Mancha, Paseo de la Universidad, nº4, 13071,
Ciudad Real, España

{laura.sanchez, felix.garcia, francisco.ruizg, mario.piattini}@uclm.es

Resumen

Existe una tendencia creciente a mejorar los procesos de negocio como vía para mejorar las organizaciones. Para ello, es clave medir en etapas tempranas de su ciclo de vida ya que así es posible detectar defectos y corregirlos a costes más bajos. Sin embargo, medir supone un esfuerzo considerable para la organización y, en consecuencia, esta inversión debería ser realizada con la seguridad de que las medidas son potencialmente útiles en la práctica, lo que obliga a que éstas hayan sido validadas empíricamente. En este trabajo se han utilizado una serie de medidas para modelos conceptuales de procesos de negocio, con las cuales se realizaron trabajos previos de validación empírica mediante una familia de experimentos. A partir de los resultados de correlación se ha realizado un meta-análisis, para analizar de forma global los resultados parciales obtenidos en cada experimento, reforzando por tanto las conclusiones obtenidas anteriormente. Como resultado se ha podido seleccionar un conjunto de medidas para evaluar la complejidad estructural de modelos de procesos de negocio que pueden ser útiles para predecir su usabilidad y mantenibilidad. De esta manera se considera que se ha contribuido a mejorar la madurez en el campo de la medición de modelos conceptuales de procesos de negocio.

1. Introducción

Los modelos de procesos de negocio están siendo muy usados en iniciativas de gestión empresarial, sobre todo para documentar las operaciones del negocio. Estas iniciativas han crecido en la organización, dando como resultado cientos de modelos realizados por modeladores de procesos que no son expertos en esas tareas [1]. La

inexperiencia de los modeladores destaca la importancia de realizar labores de mantenimiento en los modelos, para conseguir y preservar la calidad de éstos. En este contexto, la calidad se entiende como “la totalidad de características de un modelo conceptual que están relacionadas con la habilidad para satisfacer necesidades implícitas o explícitas” [2]. Es importante crear modelos conceptuales de calidad, ya que un modelo que carece de ésta incrementa los esfuerzos en el desarrollo en un sistema que pueda satisfacer las necesidades de los usuarios [3].

En la literatura se pueden encontrar diversas propuestas de medición de modelos de procesos de negocio. Sin embargo, aunque hay un interés creciente en evaluar la calidad de los modelos conceptuales, ésta es un área inmadura, como demuestra el hecho de que tan sólo el 40% de las propuestas existentes presentan algún tipo de validación empírica [4]. La validación es un aspecto clave en la definición de las medidas, por lo tanto es importante reforzar la madurez en este campo llevando a cabo más estudios empíricos sobre las medidas.

En línea con lo anterior, el objetivo de este artículo es contribuir a reforzar la madurez de la medición en procesos de negocio, a través de un estudio empírico de un conjunto de medidas. Concretamente, en trabajos previos se realizó un análisis de correlación con estas medidas y los datos experimentales obtenidos a partir de una familia de experimentos. Sin embargo, se obtuvieron conclusiones distintas para cada uno de los estudios individuales e interesa integrarlas y obtener una conclusión global.

Existen algunos métodos estadísticos que permiten acumular e interpretar un conjunto de resultados obtenidos a partir de deferentes experimentos interrelacionados por compartir la misma hipótesis [8].

Tabla 1 Descripción de la familia de experimentos sobre entendibilidad y modificabilidad

	Entendibilidad			Modificabilidad		
	Exp 1	Exp 2	Exp 3	Exp 4	Exp 5	Exp 6
Fecha	12-2007	02-2008	03-2008	04-2008	07-2008	07-2009
Lugar	UCLM (Spain)	UCLM (Spain)	UCLM (Spain)	Bari, Italy	UAT, Mex	U. República Uruguay
sujetos	22 pre y post graduados	40 pregraduados	9 postgraduados	29 pregraduados	15 postgraduados	12 postgraduados

En el presente artículo se usa la técnica de meta-análisis porque permite extraer conclusiones generales aunque las condiciones experimentales no sean exactamente las mismas.

El documento está organizado de la siguiente manera. En el apartado 2 se describen la familia de experimentos y los trabajos previos sobre validación empírica para los estudios individuales. En el apartado 3, se describen las características principales del meta-análisis y los resultados obtenidos, además de unos consejos para modeladores BPMN. Por último, se comentan las conclusiones obtenidas y líneas futuras de investigación.

2. Investigación Previa

La medición de los modelos conceptuales de procesos de negocio está siendo muy estudiada en los últimos tiempos. Concretamente el 80% de las propuestas encontradas en la literatura son aplicadas en la etapa de diseño [4], por eso esta investigación se centra en validar empíricamente medidas para modelos conceptuales de procesos de negocio.

2.1. Visión General de la Familia de Experimentos

Para realizar las tareas de validación del conjunto de medidas seleccionado se han usado los datos experimentales de una familia de 6 experimentos. El objetivo de esos experimentos era conocer la capacidad de las medidas, que miden atributos internos de los procesos, para medir atributos externos, concretamente la entendibilidad y modificabilidad, subcaracterísticas respectivamente de la usabilidad y mantenibilidad, según el estándar ISO 9126 [7]. Concretamente, estos experimentos consistían en la realización por parte de los sujetos de una serie de tareas sobre modelos de proceso de negocio, descritos con BPMN [5], para evaluar el tiempo, el número de

respuestas correctas y la eficiencia de entendibilidad y modificabilidad en la realización esas tareas. Esta familia de experimentos se muestra resumida en la Tabla 1, y con más detalle en [6].

2.2. Medidas Seleccionadas para el Análisis

De la literatura publicada, se seleccionaron algunas de las medidas más relevantes por ser consideradas como “bien definidas” según lo publicado en [4]. Son descritas a continuación, según los autores que las propusieron.

Las medidas definidas por Rolón [9] miden la complejidad de los modelos conceptuales descritos con la notación BPMN. Con esas medidas se realizó un análisis de correlación para conocer su relación con los atributos externos de entendibilidad y modificabilidad a partir de la familia de experimentos comentada en el apartado 2.1. El resultado fue significativo en términos generales para cada uno de esos experimentos, y sus resultados fueron publicados en [10]. De este análisis de correlación se extrajo un subconjunto de medidas que son consideradas como buenos indicadores de entendibilidad y modificabilidad:

- **TNSF**: N° total de flujos de secuencia
- **TNE**: N° total de eventos
- **NSFE**: N° de flujos de secuencia procedentes de un evento
- **TNG**: N° total de nodos de decisión
- **NMF**: N° de flujos de mensajes
- **NL**: N° de participantes
- **NSFG**: N° de flujos de secuencia procedentes de nodos de decisión
- **CLP**: Nivel de conectividad entre participantes
- **NDOout**: N° de objetos de datos de salida
- **NDOin**: N° de objetos de datos de entrada
- **TNA**: N° total de actividades
- **CLA**: Nivel de conectividad entre actividades

Otra de las medidas seleccionadas es la complejidad del flujo de control (CFC), definida

por Cardoso [11], que mide la complejidad ciclométrica de los modelos conceptuales de procesos de negocio. Dicha complejidad está basada en la cantidad y las características de los nodos de decisión del modelo. Con esta medida también se comprobó el nivel de relación con los atributos de calidad externos, entendibilidad y modificabilidad, dando resultados positivos publicados en [12].

Por último, se seleccionaron las medidas definidas por Mendling [13], que miden la probabilidad de encontrar errores en los modelos conceptuales. Se comprobó el grado de correlación de estas medidas con los atributos externos de entendibilidad y modificabilidad, dando resultados significativos [16]. Se seleccionaron 5 de ellas, que son las que dieron resultados significativos de correlación:

- **Nº nodos:** Número de actividades y elementos iniciales, intermedios o finales
- **Coefficiente de conectividad:** Ratio del total del número de arcos y el total del número de nodos
- **Profundidad:** Máximo nivel de anidación de los bloques estructurados
- **Desajuste de los conectores:** Suma de los pares de nodos de decisión que no encajan
- **Ratio de secuencialidad:** Grado para el cual el modelo es construido como una secuencia pura de actividades

De estos trabajos previos, se concluye que existe una correlación generalizada entre esas medidas y la entendibilidad y modificabilidad. Sin embargo, en cada uno de los 6 experimentos realizados, 3 para evaluar cada característica externa, se obtienen conclusiones diferentes al existir diferencias entre ellos, principalmente el contexto y los sujetos de dichos experimentos. En los próximos apartados, se muestra la manera de obtener una conclusión global a partir de las conclusiones parciales, mediante la realización de un meta-análisis.

3. Análisis Global de los Resultados Empíricos mediante Meta-Análisis

El meta-análisis permite combinar los diferentes tamaños del efecto de cada experimento, para obtener un tamaño del efecto global [14].

En el presente estudio los tamaños del efecto se obtuvieron a partir de los coeficientes de correlación. La hipótesis nula supone que “no

existe correlación entre las medidas seleccionadas y las medidas de las características de calidad externa: tiempo, número de aciertos y eficiencia de entendibilidad y modificabilidad”.

El efecto global se obtuvo usando la ‘g’ de Hedge [8], que se usa como medida estandarizada. Los tamaños del efecto se pueden clasificar en tres categorías: pequeño, medio y grande. Para los estudios en Ingeniería del Software, se considera [15] que un tamaño del efecto entre 1.01 y 3.4 es grande (G), entre 0.38 y 1.00 es mediano (M) y entre 0.37 y 0 es pequeño (P), en valor absoluto. A continuación se presentan los resultados obtenidos tras realizar un meta-análisis con la herramienta Comprehensive Metanálisis v2 tool (Biostat 2006). Los resultados se describen a continuación, clasificados según el autor que define las medidas.

3.1. Resultados para las Medidas de Rolón

En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos para las medidas de Rolón. En la primera columna se listan las medidas que dieron resultados significativos de correlación para el tiempo, respuestas correctas y eficiencia de entendibilidad y modificabilidad. En la columna “Correlación, tamaño del efecto global” se muestra un valor de correlación global de esas medidas para cada uno de los experimentos. En las otras dos columnas se muestran los límites inferior y superior de ese valor, y después un p-valor. Por último, se incluye el valor de la ‘g’ de Hedge anteriormente descrito.

Los resultados globales sobre entendibilidad muestran que el 71% de las medidas estudiadas han dado un resultado global significativo, lo que nos permite rechazar la hipótesis nula. Esto es así porque el 66% de los resultados significativos han dado un tamaño del efecto grande, seguido de un 33% del tamaño del efecto mediano, lo que indica que los diferentes coeficientes de correlación obtenidos por las medidas estudiadas en cada uno de los experimentos realizados es grande, y se puede afirmar que las medidas indicadas en la tabla son buenos indicadores de la entendibilidad.

Los resultados de modificabilidad, revelan que no existe correlación significativa ya que el 80% de las medidas estudiadas tienen un p-valor mayor al permitido. El otro 20% indican un tamaño del efecto mediano. Por tanto, no se puede afirmar con rotundidad que las medidas analizadas sean buenos indicadores de la modificabilidad.

Tabla 2 Resultados del meta-análisis de la correlación de las medidas de Rolón

Medida	Correlación-Tamaño del efecto global	Límite inferior	Límite superior	p-valor	G de Hedges
Tiempo de entendibilidad (E) y modificabilidad (M)					
INSF(E)	,363	,130	,557	,003	,748(M)
NMF(E)	,501	,293	,664	0	1,113(G)
NMF(M)	-,020	-,297	,260	,889	-,040(P)
NSFE(E)	,624	,448	,753	0	1,535(G)
TNG(E)	,604	,422	,739	0	1,453(G)
TNE(E)	,617	,440	,749	0	1,513(G)
NSFG(M)	,353	,083	,575	,011	,691(M)
NL(M)	,114	-,170	,380	,433	,216(P)
TNA(M)	,156	-,128	,416	,282	,298(P)
Respuestas correctas: (E) y (M)					
INSF(E)	-,125	-,358	-,121	,0319	-,245(P)
NMF(E)	-,238	-,456	,006	,056	-,470(M)
NL(E)	-,026	-,268	,220	,840	-,046(P)
NL(M)	-,206	-,458	,077	,151	-,381(M)
NSFG(E)	-,152	-,381	,096	,229	-,293(P)
CLA(M)	,137	-,147	,400	,345	,260(P)
Eficiencia de entendibilidad (E) y modificabilidad (M)					
INSF(E)	-,364	-,558	-,131	,002	-,752(M)
CLP(E)	-,485	-,652	-,273	0	-,1,063(G)
CLP(M)	,023	-,257	,300	,872	,045(P)
NdOut(E)	-,332	-,533	-,096	,007	-,677(M)
NDOin(E)	-,263	-,477	-,021	,034	-,523(M)
NSFE(E)	-,631	-,758	-,457	0	-,1,558(G)
NMF(E)	-,528	-,684	-,326	0	-,1,192(G)
NL(E)	-,013	-,257	,231	,916	-,026(P)
NL(M)	-,215	-,466	,067	,134	-,403(M)
TNE(E)	-,620	-,750	-,443	0	-,1,517(G)
NSFG(M)	-,314	-,545	-,039	,026	-,611(M)
CLA(M)	,209	,073	,461	,145	,406(M)

3.2. Resultados para la Medida de Cardoso

A continuación se muestran los resultados obtenidos en el meta-análisis para las medidas descritas por Cardoso (Tabla 3).

Tabla 3 Resultados de meta-análisis de las medidas descritas por Cardoso

CFC	Correl. Tamaño efecto global	Límite inferior	Límite superior	p-valor	G de hedges
Tiempo					
Entend.	,574	,384	,718	0	1,344(G)
Modif.	,213	-,070	,464	,138	,412(M)
Respuestas correctas					
Entend.	-,158	-,387	,089	,208	-,307(P)
Modif.	-,080	-,350	,203	,585	-,152(P)
Eficiencia					
Entend.	-,557	-,705	-,363	0	-,1,284(G)
Modif.	-,313	-,544	-,038	,026	-,608(M)

En la Tabla 3 se muestran pocos resultados significativos, ya que en 3 de los 6 casos el p-

valor es mayor a 0.05, con lo cual la hipótesis nula no puede ser rechazada, principalmente para el caso del número de respuestas correctas en las tareas de entendibilidad y modificabilidad. En el caso del tiempo, para la entendibilidad se obtiene un tamaño del efecto grande, y en el caso de la eficiencia se obtiene un efecto grande y mediano para la entendibilidad y modificabilidad. Por ello, se puede afirmar que la medida definida por Cardoso es útil para medir el tiempo y la eficiencia de entendibilidad, y la eficiencia de modificabilidad.

3.3. Resultados para las Medidas de Mendling

Los resultados globales obtenidos para las medidas de Mendling se muestran en la Tabla 4.

Al analizar los resultados se obtienen varias conclusiones de interés. Para la entendibilidad se obtienen resultados significativos en cada uno de los casos. Además, el 57% han dado un tamaño del efecto grande. El resto de casos dan como resultado un efecto del tamaño mediano, lo cual también se considera positivo, con lo cual, la hipótesis nula puede ser rechazada.

Tabla 4 Resultados de meta-análisis de las medidas descritas por Mendling

Medida	Correl. Tamaño efecto global	Límite inferior	Límite superior	p-valor	G de hedges
Tiempo de entendibilidad (E) y modificabilidad (M)					
Nº de nodos(E)	,878	,807	,924	0	3,35(G)
Densidad(M)	-,646	-,784	-,449	0	-,1,46 (G)
Desajuste del conector(M)	-,011	-,288	,269	,943	,007(P)
Respuestas correctas (E) y (M)					
Ratio de conectividad(E)	-,427	-,608	-,205	0	-,873(M)
Profundidad(E)	-,383	-,573	-,153	,002	-,780(M)
Desajuste de los conectores(E)	-,416	-,599	-,192	0	-,862(M)
Nº nodos (E)	-,578	-,720	-,389	0	-,1,292(G)
Densidad	-,107	-,374	,177	,463	-,234(P)
Eficiencia de entendibilidad (E) y modificabilidad (M)					
Secuencialidad(E)	,632	,459	,759	0	1,550(G)
Secuencialidad(M)	-,674	-,802	-,487	0	-,1,70(G)
Nº nodos(E)	-,830	-,893	-,735	0	-,2,776(G)

Para la modificabilidad se obtienen resultados peores que para el caso anterior. Para las respuestas correctas el p-valor es superior al esperado, lo cual no permite rechazar la hipótesis nula. Para el caso del tiempo, sólo la medida densidad ofrece un buen resultado, puesto que

obtiene un tamaño del efecto grande, y se concluye que dicha medida es un buen indicador del tiempo de modificabilidad. Por último, se analiza la eficiencia y se obtiene que la medida ratio de secuencialidad es también un buen indicador de la eficiencia de modificabilidad al obtener un tamaño del efecto grande.

3.4. Interpretación de los Resultados Obtenidos

El meta-análisis realizado ha generado conclusiones globales sobre la entendibilidad y modificabilidad para las medidas estudiadas, lo cual se materializa en la selección de un subconjunto de ellas consideradas como los mejores indicadores. En la Tabla 5 se muestra para la entendibilidad los mejores indicadores en los 3 experimentos realizados, mientras que en la Tabla 6, los mejores indicadores para la modificabilidad deducidos del estudio global de los otros 3 experimentos. Los símbolos ‘+’ o ‘-’ indican si la correlación es positiva o negativa.

Tabla 5 Mejores indicadores para la entendibilidad

Tiempo	TNE (+), NSF(+), TNG(+), NMF(+), CFC(+), nºnodos(+)
Repuestas correctas	Nº nodos (-)
Eficiencia	CLP(-), NSF(-), NMF(-), TNE(-), CFC(-), secuencialidad(+), nºnodos(-)

Tabla 6 Mejores indicadores para la modificabilidad

Tiempo	Densidad(-)
Eficiencia	Secuencialidad(-)

Las medidas seleccionadas pueden ser aplicadas sobre los modelos de procesos de negocio descritos con diversas notaciones: BPMN, EPC, etc. BPMN merece una atención especial al ser el estándar que está tomando bastante importancia en las prácticas del negocio [17]. Por eso, de este estudio se pueden obtener unos consejos prácticos para modeladores inexpertos en BPMN: la idea inicial es minimizar el tiempo y maximizar el número de respuestas correctas y eficiencia, especialmente ésta última. Las recomendaciones se resumen en la Tabla 7. De las medidas seleccionadas se deduce que cuantos menos eventos (eventos de inicio, intermedios y finales), flujos de secuencia procedentes de un evento, número de nodos (nodos de decisión, eventos, actividades, subprocesos y objetos de datos), número de flujos

de mensaje y complejidad del flujo de control menor será el tiempo de entendibilidad. A su vez, cuantos menos nodos tenga un modelo, mayor probabilidad de acertar en las tareas de entendibilidad, y cuanto menor sea el nivel de conectividad entre participantes (lo que significa minimizar el número de flujos de mensajes entre los participantes del proceso), el flujo de secuencia procedentes de un evento, el flujo de mensajes, el número total de eventos, el número de nodos y mayor sea el ratio de secuencialidad (que haya menos flujos de secuencia entre nodos de decisión en comparación con los flujos de secuencia entre los demás nodos), más eficiente será el modelo respecto a la entendibilidad.

Tabla 7 Consejos para modelar con BPMN

Consejo	Elemento
Minimizar el número de eventos	
Minimizar el número de flujos de secuencia de salida de eventos	
Minimizar el número de nodos de decisión	
Minimizar el número de flujos de mensajes	
Maximizar la relación entre el número de flujos de secuencia y los nodos	
Maximizar el número de flujos de secuencia entre nodos que no son de decisión y el total de flujos de secuencia	

Con respecto a la modificabilidad, cuanto mayor sea la densidad (número de flujos de secuencia entre nodos), menor será el tiempo de modificabilidad, y cuanto menor sea el ratio de secuencialidad, mayor será la eficiencia.

4. Conclusiones y Trabajo Futuro

En este trabajo se han presentado los resultados globales de correlación de un conjunto representativo de medidas con la entendibilidad y modificabilidad. Ello ha ayudado a obtener una conclusión global e integradora de los hallazgos parciales obtenidos en cada uno de los 6

experimentos que formaron la familia de experimentos objeto del presente trabajo.

Los resultados han revelado que el 66% de las medidas definidas por Rolón son útiles para medir la entendibilidad (TNE, NSFE, TNG, NMF, CLP). Por el contrario, para la modificabilidad el 80% de los resultados no son significativos. Para la medida definida por Cardoso (CFC), se obtiene que es útil para medir el tiempo de entendibilidad y la eficiencia de entendibilidad y modificabilidad. Sin embargo, esta medida fracasa en el intento de predecir el número de aciertos en las tareas de entendibilidad y modificabilidad. Por otro lado, las medidas de Mendling son buenos indicadores del tiempo (n° nodos) y la eficiencia (secuencialidad y n° nodos) de entendibilidad y modificabilidad (densidad y secuencialidad), pero no son significativas en el intento de predecir el número de aciertos.

En general, el meta-análisis ha permitido comprobar que las medidas estudiadas son buenos indicadores de la entendibilidad y la modificabilidad. Sin embargo, para la modificabilidad no se obtienen tantos resultados significativos y, además, un mayor número de casos con tamaños del efecto pequeño. Por este motivo, un trabajo futuro debe ser buscar medidas que sean más eficientes a la hora de medir la capacidad de modificación que tienen los modelos conceptuales y continuar con trabajos de validación empírica que contribuyan a la madurez de la medición de procesos de negocio.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido parcialmente financiado por los proyectos INGENIO (Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Consejería de Educación y Ciencia, PAC 08-0154-9262); ESFINGE (Ministerio de Educación y Ciencia, Dirección General de Investigación/Fondos Europeos de Desarrollo Regional y PEGASO/MAGO (Ministerio de Ciencia e Innovación MICINN y FEDER)

Referencias

- [1] Rosemann, M., Potential pitfalls of process modeling: part a. *Business Process Management Journal*, 2006. 12(2): p.249-254
- [2] ISO/IEC, ISO Standard 9000-2000: Quality Management Systems: Fundamentals and Vocabulary. 2000
- [3] Moody, D., Theoretical and practical issues in evaluating the quality of conceptual models: current state and future directions. *Data and Knowledge Engineering*, 2005. 55:p 243-276
- [4] Sánchez, L., García, F., Ruiz, F., Piattini, M., Measurement in Business Processes: a Systematic Review. *Business Process Management Journal*, 2010. 16(1): p.114-134
- [5] OMG. Business Process Modeling Notation (BPMN), Final adopted Specification, 206, Available from <http://www.omg.org/bpm>
- [6] Experiments URL <http://alarcos.inf-cr.uclm.es/bpmn/experiments/>, 2009
- [7] ISO/IEC, 9126-1, Software Engineering. Product quality – Part 1: Quality Models, 2001.
- [8] Hedge, L., Olkin, I., Statistical Methods for Meta-Analysis. Academia Press, 1985.
- [9] Rolón, E., García, F., Ruiz, F., Evaluation Measures for Business Process Models. *Symposium in Applied Computing SAC2006*, 2006.
- [10] Rolón, E., García, F., Ruiz, F., Piattini, M., Evaluation of BPMN Models Quality. A family of Experiments. ENASE – International Conference on Evaluation of Novel approaches to Software Engineering, 2008.
- [11] Cardoso, J., Process Control-flow complexity metric: an empirical validation, SCC '06: Proceedings of the IEEE International Conference on Services Computing, 2006: p.167-173.
- [12] Rolón, E., Sánchez, L., García, F., Ruiz, F., Caivano, D., Visaggio, G., Prediction Models for BPMN Usability and Maintainability. *BPMN 2009 - 1st International Workshop on BPMN*, 2009: p. 383-390
- [13] Mendling, J., Metrics for Process Model: Empirical Foundations of Verifications, Error Prediction and Guidelines for Correctness, Vol. 6 of Lecture Notes in Business Information Processing. Springer-Verlag, 2008
- [14] Cohen, J., Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. San Diego, CA: Academic Press, 1969.
- [15] Kampenes, V., Dyba, T., Hannay, J.E., Sjöberg, D.I.K., A systematic review of effect size in software engineering experiments. *Information and Software Technology*, 2007. 48(8): p. 745-755
- [16] Sánchez L., García, F., Mendling, J., Ruiz, F., Piattini, M. *Prediction of Business Process Business Quality based on Structural Metrics*. International Conference on Conceptual Modeling, sent 2010
- [17] Recker, J., Opportunities and constraints: the current struggle with BPMN. *Business Process Management Journal*, 2010. 16(1):p. 181-201