

VIII

Jornadas de Ciencia e  
Ingeniería de Servicios

# Sistedes 2012



JISBD

PROLE

ACTAS  
JCIS



Almería, 17 al 19 de Septiembre

Editores: M<sup>a</sup> Valeria de Castro | José Manuel Gómez | Luis Iribarne

M.V. de Castro, J.M. Gómez, L. Iribarne (Eds.): Actas de las "VIII Jornadas de Ciencia e Ingeniería de Servicios (JCIS'2012)", Jornadas Sistedes'2012, Almería 17-19 sept. 2012, Universidad de Almería.

**JCIS 2012**

**VIII Jornadas de Ciencia e Ingeniería  
de Servicios (JCIS)**

Almería, 17 al 19 de Septiembre de 2012

**Editores:**

Ma. Valeria de Castro

José Manuel Gómez

Luis Iribarne

Actas de las “VIII Jornadas de Ciencia e Ingeniería de Servicios (JCIS)”  
Almería, 17 al 19 de Septiembre de 2012  
Editores: Ma. Valeria de Castro, José Manuel Gómez, Luis Iribarne  
<http://sistedes2012.ual.es>  
<http://www.sistedes.es>

ISBN: 978-84-15487-26-5  
Depósito Legal: AL 672-2012  
© Grupo de Informática Aplicada (TIC-211)  
Universidad de Almería (España)  
<http://www.ual.es/tic211>

## Prólogo

El presente volumen contiene los artículos seleccionados para presentación en las *VIII Jornadas de Ciencias e Ingeniería de Servicios* (JCIS 2012) celebrado en Septiembre de 2012 en Almería, España.

El principal objetivo de las Jornadas es proporcionar un foro de discusión e intercambio de conocimiento y experiencias en el ámbito de la Ciencia de Servicios. El interés no sólo se centra en los nuevos avances científicos, sino también en las tecnologías existentes en torno a la computación orientada a servicios y los procesos de negocio, las nuevas prácticas de ingeniería de servicios y las lecciones aprendidas por medio de experiencias reales. Las JCIS, que celebran este año su octava edición, son el resultado de la integración de las Jornadas Científico-Técnicas en Servicios Web y SOA (JSWEB) y el Taller sobre Procesos de Negocio e Ingeniería de Servicios (PNIS). Seguir contando después de ocho años, y en el contexto de crisis en el que nos encontramos actualmente, con un foro de encuentro que nos permita intercambiar conocimiento y experiencias entre grupos de investigación de distintas Universidades españolas y profesionales de la Administración Pública y de la Industria, es sin duda un triunfo de nuestra comunidad que debemos y queremos destacar.

En esta edición se han recibido 22 contribuciones para su revisión, de las cuales 4 eran artículos publicados ya previamente en congresos y revistas de reconocido prestigio. Todas las contribuciones fueron revisadas por, al menos, dos miembros del comité de programa. Como resultado de este proceso de revisión, se seleccionaron 14 trabajos largos para su presentación en las jornadas y otros 3 como trabajos cortos. Los trabajos han sido organizados en seis sesiones temáticas dobles que se presentarán a lo largo de dos días de jornadas de los siguientes temas: “SOA, Tecnologías para Servicios Web y Aplicaciones”, “Ingeniería de Servicios” y “Procesos de Negocio”.

Nos gustaría agradecer a todos aquellos que de un modo u otro han contribuido a la organización de estas Jornadas. En primer lugar, a todos los autores de los artículos enviados a JCIS 2012, y a los miembros del Comité de Programa por su disponibilidad y dedicación a la hora de realizar las revisiones. Agradecer además a nuestros colaboradores: SRII (Service Research & Innovation Institute), ATI, Novática, INES y la Red Científico-Tecnológica en Ciencias de los Servicios financiada por el Ministerio de Economía y Competitividad. Finalmente, agradecemos a la Sociedad de Ingeniería del Software y Tecnologías de Desarrollo del Software (SISTEDES) y a la organización por parte de los miembros de la Universidad de Almería. Conocemos la dificultad de la organización de este tipo de eventos, y máxime en la situación de crisis económica en la que nos encontramos, por lo que destacamos y agradecemos enormemente vuestro esfuerzo y dedicación en la realización de estas Jornadas.

Gracias a todos y esperamos que disfrutéis de las Jornadas y de vuestra estancia en Almería.

Almería, Septiembre 2012  
Ma. Valeria de Castro y José Manuel Gómez  
Presidentes del Comité científico

## Prologo de la Organización

Las jornadas SISTEDES 2012 son un evento científico-técnico nacional de ingeniería y tecnologías del software que se celebra este año en la Universidad de Almería durante los días 17, 18 y 19 de Septiembre de 2012, organizado por el Grupo de Investigación de Informática Aplicada (TIC-211). Las Jornadas SISTEDES 2012 están compuestas por las XVII Jornadas de Ingeniería del Software y de Bases de Datos (JISBD'2012), las XII Jornadas sobre Programación y Lenguajes (PROLE'2012), y la VIII Jornadas de Ciencia e Ingeniería de Servicios (JCIS'2012). Durante tres días, la Universidad de Almería alberga una de las reuniones científico-técnicas de informática más importantes de España, donde se exponen los trabajos de investigación más relevantes del panorama nacional en ingeniería y tecnología del software. Estos trabajos están auspiciados por importantes proyectos de investigación de Ciencia y Tecnología financiados por el Gobierno de España y Gobiernos Regionales, y por proyectos internacionales y proyectos I+D+i privados. Estos encuentros propician el intercambio de ideas entre investigadores procedentes de la universidad y de la empresa, permitiendo la difusión de las investigaciones más recientes en ingeniería y tecnología del software. Como en ediciones anteriores, estas jornadas están auspiciadas por la Asociación de Ingeniería del Software y Tecnologías de Desarrollo de Software (SISTEDES).

Agradecemos a nuestras entidades colaboradoras, Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO), Junta de Andalucía, Diputación Provincial de Almería, Ayuntamiento de Almería, Vicerrectorado de Investigación, Vicerrectorado de Tecnologías de la Información (VTIC), Enseñanza Virtual (EVA), Escuela Superior de Ingeniería (ESI/EPS), Almerimatik, ICESA, Parque Científico-Tecnológico de Almería (PITA), IEEE España, Colegio de Ingenieros Informática de Andalucía, Fundación Mediterránea, y a la Universidad de Almería por el soporte facilitado. Asimismo a D. Félix Faura, Director de la Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva (ANEP) de la Secretaría de Estado de I+D+i, Ministerio de Economía y Competitividad, a D. Juan José Moreno, Catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid, presidente de la Sociedad de Ingeniería y Tecnologías del Software (SISTEDES), a D. Francisco Ruiz, Catedrático de la Universidad de Castilla-La Mancha, y a D. Miguel Toro, Catedrático de la Universidad de Sevilla, por su participación en la mesa redonda "*La investigación científica informática en España y el año Turing*"; a Armando Fox de la Universidad de Berkley (EEUU) y a Maribel Fernández del King's College London (Reino Unido), como conferenciantes principales de las jornadas, y a los presidentes de las tres jornadas por facilitar la confección de un programa de *Actividades Turing*. Especial agradecimiento a los voluntarios de las jornadas SISTEDES 2012, estudiantes del Grado de Ingeniería Informática y del Postgrado de Doctorado de Informática de la Universidad de Almería, y a todo el equipo del Comité de Organización que han hecho posible con su trabajo la celebración de una nueva edición de las jornadas JISBD'2012, PROLE'2012 y JCIS'2012 (jornadas SISTEDES 2012) en la Universidad de Almería.

Luis Iribarne  
Presidente del Comité de Organización  
@sistedes2012{JISBD;PROLE;JCIS}

## **Comité Científico**

### **Presidentes del Comité Científico:**

Ma. Valeria De Castro (Universidad Rey Juan Carlos)  
José Manuel Gómez (ISOCO)

### **Coordinador de artículos ya publicados:**

Marcos López Sanz (Universidad Rey Juan Carlos)

### **Miembros del Comité Científico:**

Antonio Ruiz Cortés (Universidad de Sevilla)  
Antonio Vallecillo (Universidad de Málaga)  
Carlos Bobed (Universidad de Zaragoza)  
Carlos Rodríguez Fernández (Universidad Complutense Madrid)  
Diego López (Red Española de I+D, RedIRIS)  
Daniel González Morales (Ag. Canaria de Inv., Innovación y Soc. de la Inf.)  
Enrique Beltrán (Software AG)  
Esperanza Marcos (Universidad Rey Juan Carlos)  
Félix García (Universidad de Castilla-La Mancha)  
Francisco Almeida Rodríguez (Universidad de La Laguna)  
Francisco Javier Fabra (Universidad de Zaragoza)  
Francisco Ruiz (Universidad de Castilla-La Mancha)  
Guadalupe Ortiz Bellot (Universidad de Cádiz)  
Jaime Cid (Oracle)  
Jesús Arias Fisteus (Universidad Carlos III de Madrid)  
Jesús Gorroñogoitia (Atos Origin)  
Joan Pastor (Universitat Oberta de Catalunya)  
Jordi Marco (Universidad Politécnica de Cataluña)  
José Emilio Labra (Universidad de Oviedo)  
José Hilario Canós (Universidad Politécnica de Valencia)  
José M. López Cobo (Playence KG)  
José Raúl Romero (Universidad de Córdoba)  
Juan De Lara (Universidad Autónoma de Madrid)  
Juan Hernández (Universidad de Extremadura)  
Juan José Moreno Navarro (Universidad Politécnica de Madrid)  
Juan Manuel Murillo (Universidad Extremadura)  
Juan Pavón (Universidad Complutense de Madrid)  
Leire Bastida (Tecnalia)  
Manuel Lama (Universidad de Santiago de Compostela)  
Manuel Resinas (Universidad de Sevilla)  
Marcos López Sanz (Universidad Rey Juan Carlos)  
María del Carmen Penadés (Universidad Politécnica de Valencia)  
María-Ribera Sancho (Universidad Politécnica de Cataluña)  
Marta Patiño (Universidad Politécnica de Madrid)  
Martín Álvarez Espinar (W3C Spain)  
Mercedes Ruiz (Universidad de Cádiz)  
Óscar Corcho (Universidad Politécnica de Madrid)  
Pedro Alvarez (Universidad de Zaragoza)  
Pere Botella (Universidad Politécnica de Cataluña)  
Rafael Corchuelo (Universidad de Sevilla)  
Santi Ristol (Atos Origin)  
Silvia Acuña (Universidad Autónoma de Madrid)  
Vicente Pelechano (Universidad Politécnica de Valencia)  
Víctor Acinas (Inabensa)  
Víctor Ayllón (Novayre)

## Comité de Organización

### Presidente:

Luis Iribarne (Universidad de Almería)

### Miembros:

Alfonso Bosch (Universidad de Almería)

Antonio Corral (Universidad de Almería)

Diego Rodríguez (Universidad de Almería)

Elisa Álvarez, Fundación Mediterránea

Javier Criado (Universidad de Almería)

Jesús Almendros (Universidad de Almería)

Jesús Vallecillos (Universidad de Almería)

Joaquín Alonso (Universidad de Almería)

José Andrés Asensio (Universidad de Almería)

José Antonio Piedra (Universidad de Almería)

José Francisco Sobrino (Universidad de Almería)

Juan Francisco Inglés (Universidad Politécnica de Cartagena)

Nicolás Padilla (Universidad de Almería)

Rosa Ayala (Universidad de Almería)

Saturnino Leguizamón (Universidad Tecnológica Nacional, Argentina)

## Colaboradores JCIS



# Índice de Contenidos

## Chala Invitada

---

“Crossing the Software Education Chasm using Software-as-a-Service and Cloud Computing”, Armando Fox (Univ. Berkeley, USA)..... 183

## Sesión 1: SOA, Tecnologías para Servicios Web y Aplicaciones

**Chair:** Dr. José Manuel Gómez

---

Ruediger Gad, Juan Boubeta-Puig, Martin Kappes and Inmaculada Medina-Bulo. *Leveraging EDA and CEP for Integrating Low-level Network Analysis Methods into Modern, Distributed IT Architectures*..... 13-26

Sergio Hernández, Javier Fabra, Pedro Álvarez and Joaquín Ezpeleta. *Una solución SOA para ejecutar workflows científicos en entornos Grid heterogéneos* ..... 27-40

Ricardo Jiménez, Marta Patino and Iván Brondino. *CumuloNimbo: Una Plataforma como Servicio con Procesamiento Transaccional Altamente Escalable*. ..... 41-47

## Sesión 2: Ingeniería de Servicios

**Chair:** Dr. Pedro Alvarez

---

Antonio García and Inmaculada Medina. *Un Método de Generación de Pruebas de Rendimiento para Múltiples Tecnologías desde Modelos UML con Anotaciones MARTE* ..... 51-64

Juan Carlos Castillo Cano, Francisco Almeida, Vicente Blanco and María Carmen Ramírez Castillejo. *Plataforma de computación genérica basada en servicios web para problemas de conteo de células* ..... 65-76

Jorge Moratalla and Esperanza Marcos. *Definición y Aplicación de un proceso de Modernización y Evolución al Sistema de Gestión de Nombres de Dominios “.es”* ..... 77-80

Miguel A. González-Serrano, Diana Perez-Marin and Miren Idoia Alarcón. *Clasificación de los Servicios Web de Negocio Corporativos basada en la Funcionalidad Horizontal de las Organizaciones* ..... 81-87

## Sesión 3: Procesos de Negocio

**Chair:** Dr. Inmaculada Medina

---

Laura Sánchez González, Francisco Ruiz and Félix García. *Guías para el Modelado de Procesos de Negocio* ..... 91-104

Andrea Delgado, Barbara Weber, Francisco Ruiz and Ignacio García-Rodríguez de Guzmán. *A proposal on service execution measures for the improvement of business processes realized by services* ..... 105-110

Clara Ayora, Victoria Torres and Vicente Pelechano. *Feature Modeling to deal with Variability in Business Process Perspectives* ..... 111-124

Adela Del Río Ortega, Cristina Cabanillas Macías, Manuel Resinas Arias de Reyna and Antonio Ruiz Cortés. *PPINOT: A Tool for the Definition and Analysis of Process Performance Indicators* ..... 125-128

**Sesión 4:** Ingeniería de Servicios II

**Chair:** Dr. Vicente Pelechano

---

- Jenifer Verde, Juan Manuel Vara, Veronica Andrea Bollati and Esperanza Marcos. *Desarrollo de puentes tecnológicos para soportar el modelado de interfaces de servicio* ..... 131-144
- Rubén Casado, Javier Tuya and Muhammad Younas. *An Abstract Transaction Model for Testing the Web Services Transactions* ..... 145-146
- José María García, David Ruiz, and Antonio Ruiz-Cortés. *A Model of User Preferences for Semantic Services Discovery and Ranking*..... 147-148
- M.Carmen De Castro, Azahara Camacho-Magriñán and Inmaculada Medina-Bulo. *Aplicación de la técnica de las pruebas metamórficas a una composición de servicios: Metasearch*..... 149-154

**Sesión 5:** SOA, Tecnologías para Servicios Web y Aplicaciones II

**Chair:** Dr. Víctor Ayllón

---

- Carlos Müller, Marc Oriol Hilari, Marc Rodríguez, Xavier Franch, Jordi Marco, Manuel Resinas and Antonio Ruiz-Cortés. *SALMonADA: A Platform for Monitoring and Explaining Violations of WS-Agreement-Compliant Documents* ..... 157-160
- José María García, David Ruiz and Antonio Ruiz-Cortés. *SOA4All Integrated Ranking: A Preference-based, Holistic Implementation* ..... 161-164
- José A. Martín, F. Martinelli and Ernesto Pimentel. *Synthesis of Secure Adaptors* ..... 165-166
- Jose A. Dorado, Juan Boubeta-Puig, Guadalupe Ortiz and Inmaculada Medina-Bulo. *Detección de Ataques de Seguridad mediante la Integración de CEP y SOA 2.0*..... 167-172

**Sesión 6:** Procesos de Negocios II

**Chair:** Dr. Juan Manuel Vara

---

- Cristina Cabanillas, Adela Del-Río-Ortega, Manuel Resinas and Antonio Ruiz-Cortés. *RAL Solver: a Tool to Facilitate Resource Management in Business Process Models*..... 175-178
- Cristina Cabanillas, Manuel Resinas, and Antonio Ruiz-Cortés. *Defining and Analysing Resource Assignments in Business Processes with RAL* ..... 179-180

# Guías para el Modelado de Procesos de Negocio

Laura Sánchez-González, Francisco Ruiz, Félix García

Instituto de Tecnologías y Sistemas de Información, Universidad de Castilla la Mancha, Ciudad Real, España

{laura.sanchez | francisco.ruizg | felix.garcia}@uclm.es

**Resumen.** En la etapa de diseño de los procesos de negocio se genera un modelo conceptual. Estos modelos son un artefacto muy útil para detectar errores tempranos y ayudar en la toma de decisiones sobre qué cambios deben ser aplicados para mejorar la eficiencia del proceso. El modelado de procesos de negocio en una organización puede involucrar a un número significativo de participantes sin experiencia, lo que puede llevar a producir modelos de escasa calidad y, en consecuencia, llevar a esfuerzos ineficientes durante el desarrollo y ejecución del proceso. En este trabajo se presentan unas guías para ayudar al modelador a garantizar unos niveles de calidad adecuados. Las guías han sido obtenidas aplicando una serie de pasos, basados en experimentación y técnicas de validación estadística.

**Palabras clave:** procesos de negocio, guías de modelado, mejora de procesos.

## 1 Introducción

Las organizaciones prestan cada vez más atención a la mejora de sus procesos de negocio, ya que cuanto más eficiente es una organización, más competente será en el mercado [1]. Un proceso de negocio puede ser visto como una entidad compleja que pasa por diversas etapas, que conforman un ciclo de vida completo. La primera de dichas etapas es el Diseño, cuyo principal valor es disponer de modelos explícitos de los procesos. Aunque no se encuentra entre las fases más costosas en esfuerzos, recursos o costes, puede tener un alto impacto en los beneficios y eficiencia durante la implementación de los procesos [2]. Además, las mejoras incorporadas en los modelos de proceso evitan la propagación de los errores o deficiencias a etapas posteriores, en las cuales la solución suele ser más difícil y costosa [3]. Por estas razones, los modelos de procesos de negocio deben ser diseñados con niveles adecuados de calidad. Sin embargo, al tratarse de una actividad del ámbito de modelado del negocio, es frecuente, al contrario que en diseño de software, que participen actores con poca experiencia en técnicas de modelado, por ejemplo, analistas organizacionales u otros „stakeholders“ de los procesos. Esta situación supone un riesgo alto de obtener modelos con niveles de calidad no adecuados. Una buena opción es aplicar una serie de guías, consejos o buenas prácticas de modelado. En la bibliografía existen algunas

adfa, p. 1, 2011.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2011

propuestas en este sentido, pero suelen ser demasiado abstractas o genéricas, perdiendo efectividad práctica, o carecen de fundamentación empírica.

Un paso necesario para mejorar la calidad de cualquier artefacto es la valoración de la misma mediante un adecuado esfuerzo de medición. Así será posible conocer si un modelo satisface un atributo de calidad específico. Existen medidas enfocadas a la calidad estructural de los modelos de procesos de negocio [4], cuya importancia estriba en la validación empírica de su conexión con los atributos de calidad [5], por ejemplo, la entendibilidad y la modificabilidad. La entendibilidad se define como los esfuerzos que los sujetos hacen para reconocer los conceptos lógicos y su aplicabilidad [6], mientras que la modificabilidad se define como el grado con el cual el modelo puede ser efectiva y eficientemente modificado sin introducir defectos o degradar la calidad existente [6]. En procesos de negocio estos atributos de calidad son importantes porque los modelos están continuamente evolucionando para adaptarse a las necesidades cambiantes de las organizaciones.

La medición puede ofrecer información sobre la calidad de los modelos pero, para servir a los modeladores para guiar en la toma de decisiones durante el diseño, es necesario que se exprese en términos comparativos, usando indicadores, respecto de ciertos valores límite o umbrales. Sólo entonces se puede decidir si un modelo es o no adecuado respecto de ciertas propiedades cualitativas. Determinar valores umbral no es una tarea sencilla y prueba de ello es que la gran mayoría de las propuestas sobre medición, de cualquier tipo de artefactos software, no llegan a conseguirlo. Para el caso que nos ocupa, los modelos de procesos de negocio, en trabajos previos hemos obtenido umbrales usando curvas ROC [7], y hemos estudiado medidas (base, derivadas e indicadores), criterios de decisión y valores umbrales para evaluar la entendibilidad y modificabilidad [8].

El marco conceptual subyacente está basado en la „*Software Measurement Ontology*” [9]. Así, para tomar decisiones de diseño no basta con disponer de medidas, base o derivadas, y de sus valores (ej: número de actividades = 25), sino que es necesario definir indicadores basados en dichas medidas para tener valores cualitativos (ej: nivel de complejidad=alto). Los indicadores vienen expresados como una serie de criterios de decisión que establecen el valor cualitativo que corresponde a cada rango de valores de una cierta medida (ej: si número de actividades oscila entre 20 y 40 => nivel de complejidad=alto). Es dentro de los criterios de decisión donde juegan el papel clave los valores umbrales (20 y 40 en el ejemplo anterior). Para completar la cadena que lleva a la toma de decisiones de diseño, es necesario un último eslabón: asociar a los valores cualitativos de cada indicador las guías de diseño que permiten corregir el modelo mejorando el valor del indicador (ej: si nivel de complejidad es alto o muy alto, entonces agrupa actividades en forma subprocesos). Dichas guías de diseño se pueden capturar consultando a expertos (buenas prácticas, patrones), pero sólo mediante experimentación se pueden validar y, sobre todo, se puede establecer su relación pragmática con ciertos valores de ciertos indicadores.

En este trabajo presentamos el método que hemos ideado y las guías e indicadores asociados que hemos obtenido para modelos expresados con el lenguaje BPMN. Para ello, en la sección 2 se describen algunos trabajos relacionados con la medición y con las guías de modelado para modelos de procesos. En la sección 3 se explican los pa-

tos que hemos establecido para definir la guías de modelado, mientras que en la siguiente sección se presenta su aplicación a guías para mejorar la entendibilidad y modificabilidad. Por último, en la sección 5 presentamos las conclusiones y el trabajo futuro de esta investigación.

## 2 Antecedentes

En esta sección, se describen algunos de los antecedentes necesarios para comprender el trabajo. En primer lugar, se hace un breve resumen de la medición para modelos de procesos de negocio. Después, se comentan algunas de las guías para modelado que se han publicado anteriormente por diversos autores.

### 2.1 Medición de modelos de procesos de negocio

Gran cantidad de estudios sobre la medición de modelos de procesos de negocio han sido publicados hasta la fecha. En [4], los autores recogieron la mayor parte de las medidas para procesos de negocio en general, y concluyeron que muchas de ellas estaban centradas en los modelos conceptuales de procesos de negocio. De esta manera, se pudo concluir que existe un creciente interés en la medición de los modelos conceptuales. Además, muchas de estas medidas han sido inspiradas por trabajos previos en medidas para el software, como por ejemplo líneas de código, complejidad ciclomática, etc.

La mayoría de las medidas definidas sobre modelos de procesos de negocio están enfocadas en la estructura (flujo de trabajo) de los mismos. Por ejemplo, en [10] los autores proponen contabilizar los elementos más importantes en un modelo, como el número de nodos de decisión, de tareas, etc. para dar una opinión de cómo de compleja es la estructura del modelo de proceso. Estas medidas fueron validadas empíricamente a través de experimentos para comprobar su relación con la entendibilidad y la modificabilidad.

Los experimentos y la validación empírica de medidas han sido el foco de numerosos trabajos. Por ejemplo, Cardoso comprobó la correlación existente de algunas medidas y su capacidad para percibir la complejidad [11]. Otras medidas se definieron basándose en consideraciones cognitivas [12] y en conceptos de modularidad [13]. Otro conjunto de medidas estructurales fueron validadas como predictores de la probabilidad de encontrar errores en los modelos [14]. Otros trabajos demostraron que el tamaño es un factor importante en el modelado a través de medidas tradicionales como el nivel de estructuración del modelo [15]. En conclusión, estas propuestas se dedican a encontrar relaciones de correlación entre las medidas estructurales y aspectos de calidad externa, lo cual permitiría predecir, a partir de la estructura del modelo, cómo de bueno sería el modelo desde el punto de vista de la calidad externa. Estas relaciones están resumidas en la Fig. 1.

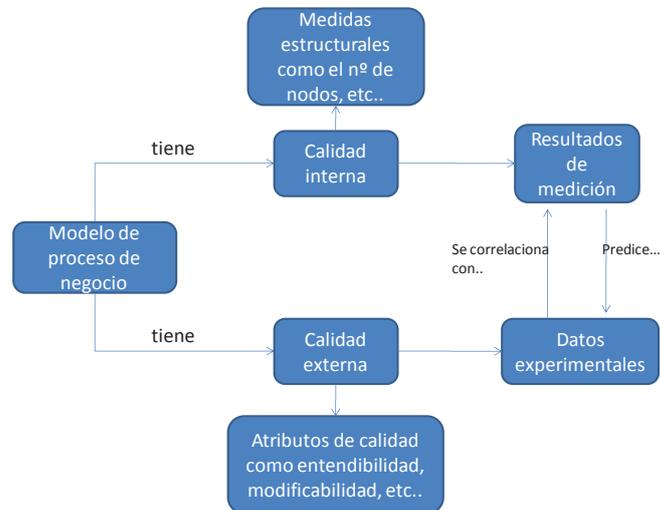


Fig. 1. Relación entre medición y atributos de calidad

## 2.2 Otras guías para el modelado de procesos

Varios autores han publicado trabajos previos relacionados con guías para el modelado de procesos de negocio. La calidad de los modelos conceptuales ha sido investigada en diferentes marcos como SEQUAL [16]. SEQUAL es un entorno semiótico para la evaluación de modelos conceptuales originalmente propuesto por Lindland et al. [17]. Este marco describe la calidad desde tres perspectivas diferentes: sintaxis, semántica y pragmática, por tanto, los modeladores deben tener en cuenta estas perspectivas para obtener un modelo con una calidad aceptable. Se cree que esta propuesta agrupa las categorías relevantes de calidad, pero resulta muy abstracta y no es directamente aplicable en entornos reales, mucho menos por inexpertos en modelado.

Otro ejemplo de guías de modelado se encuentra en [18], con la propuesta llamada “*the Guidelines of Modeling*”. Este marco está enfocado a diferentes usuarios finales, con diferentes objetivos y la posibilidad de diferentes técnicas de modelado y herramientas para describir los modelos. Este marco revela seis técnicas generales para ajustar los modelos a las distintas perspectivas de los diferentes usuarios y objetivos. Estas técnicas están enfocadas a la correctitud, relevancia, economía, eficiencia, claridad, comparabilidad y diseño sistemático. Sin embargo, esta propuesta es también difícil de aplicar por modeladores noveles y no es usada, realmente, en la práctica.

Algunas guías operacionales de modelado de procesos pueden ser encontradas en libros como el de Sharp and McDermott [19]. Sin embargo, la única guía conocida, que defina reglas simples y con fundamentos empíricos es la llamada “Seven Process Modeling Guidelines [20]” y consiste en siete guías de ayuda, como por ejemplo “usar etiquetas lingüísticas *verbo+complemento*” o “modelar de la forma más estructurada posible”. El presente artículo pretende extender esta línea de investigación a

través de los valores umbral derivados de técnicas adaptadas a este contexto y medidas estructurales de modelos conceptuales.

### 3 Pasos para la definición de guías de modelado

En esta sección se describen un conjunto de pasos para definir guías de modelado de procesos de negocio. Los valores umbral, incluidos como parte de la definición de los indicadores, son usados para detectar los elementos de los modelos que deben ser modificados. Algunas veces, estas modificaciones no son triviales y, por eso, las guías pueden resultar muy útiles. Frente a las propuestas comentadas en la sección 2, nuestro valor añadido o particularidad es que las guías o consejos para el modelado están basados y asociados con los valores umbral incluidos en una lista de indicadores. De forma resumida, los pasos para definir las guías son (ver Fig. 2): i) seleccionar un conjunto de medidas base con valores límite asociados, ii) crear una ecuación en la cual la incógnita es la medida (el contador de elementos del modelo) y el resultado el valor límite o umbral, iii) definir una guía de modelado de acuerdo a ese resultado.

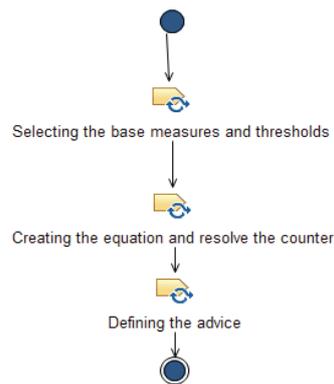


Fig. 2. Pasos para la definición de guías de modelado

## 4 Guías para mejorar la entendibilidad y modificabilidad

Como ejemplo del método explicado en el apartado anterior, a continuación se presenta su aplicación para mejorar la entendibilidad y modificabilidad.

### 4.1 Guías para la Entendibilidad

Una de las características de calidad más importantes para los modelos conceptuales es la entendibilidad. Por esta razón, es interesante mantener unos niveles de entendibilidad aceptables en los modelos conceptuales. En el caso de procesos de negocio esto es especialmente importante dado que dichos modelos deben poder ser entendidos por „*stakeholders*’ con perfiles muy diferentes.

En trabajos previos de nuestro grupo [21], se realizaron varios experimentos para comprobar la correlación existente entre la entendibilidad y ciertas medidas estructurales de modelos de procesos de negocio representados con BPMN [22]. De estos experimentos se obtuvieron resultados del indicador “eficiencia de entendibilidad”. Trabajos posteriores ampliaron el conjunto de medidas estudiadas [8, 23]. Para sacar conclusiones comunes a los diversos experimentos se empleó la técnica de meta-análisis [24], ideada para integrar de forma estructurada y sistemática la información obtenida en diferentes estudios. Los resultados finales sobre correlación de medidas estructurales y entendibilidad se publicó en [25] y se resumen en la Tabla 1 (parte 1 y 2).

**Tabla 1.** Medidas para entendibilidad y sus valores umbral (parte 1)

Medidas	Muy difícil de entender	Difícil de entender	Moderadamente entendible	Fácil de entender	Muy fácil de entender
Nºnodos	$(\infty, 81.1]$	$(81.1, 58.1]$	$(58.1, 43.7]$	$(43.7, 29.4]$	$(29.4, 6.5]$
Diametro	$(\infty, 23.4]$	$(23.4, 16.5]$	$(16.5, 12.2]$	$(12.2, 7.92]$	$(7.92, 1.03]$
Densidad	$(0, 0.06]$	$(0.06, 0.20]$	$(0.20, 0.41]$	$(0.41, \infty)$	-
AGD: nivel medio de nodos de decision	$(\infty, 5.70]$	$(5.70, 3.98]$	$(3.98, 2.90]$	$(2.90, 1.82]$	$(1.82, 0.10]$
MGD: nivel máx. de nodos de decisión	$(\infty, 8.39]$	$(8.39, 5.3]$	$(5.3, 3.36]$	$(3.36, 1.42]$	$(1.42, 0]$
Profundidad	$(\infty, 5.09]$	$(5.09, 3.02]$	$(3.02, 1.72]$	$(1.72, 0.42]$	$(0.42, 0]$
GM: Desajuste de los nodos de decisión	$(\infty, 40.9]$	$(40.9, 22.6]$	$(22.6, 11.2]$	$(11.2, 0]$	-
GH: heterogeneidad de los nodos de decisión	$(\infty, 1.39]$	$(1.39, 0.71]$	$(0.71, 0.28]$	$(0.28, 0]$	-
Secuencialidad	$(0, 0.25]$	$(0.25, 0.48]$	$(0.48, 0.70]$	$(0.70, 1.07]$	$(1.07, \infty)$
Separabilidad	$(0, 0.03]$	$(0.03, 0.37]$	$(0.37, 0.71]$	$(0.71, 1.24]$	$(1.24, \infty)$
CNC: coef. de conectividad	$(\infty, 2.28]$	$(2.28, 1.43]$	$(1.43, 0.90]$	$(0.90, 0.37]$	$(0.37, 0]$
TS: token split	$(\infty, 1.36]$	$(1.36, 0.60]$	$(0.60, 0.12]$	$(0.12, 0]$	-
CFC: complejidad del flujo de control	$(\infty, 38.2]$	$(38.2, 21.1]$	$(21.1, 10.3]$	$(10.3, 0]$	-
NEDDB: nº de join/Split exclusiva basada en datos	$(\infty, 6.02]$	$(6.02, 3.87]$	$(3.87, 2.52]$	$(2.52, 1.17]$	$(1.17, 0]$
NEDEB: nº de join/Split exclusiva basada en eventos	$(\infty, 5.76]$	$(5.76, 2.62]$	$(2.62, 0.65]$	$(0.65, 0]$	-
NID: nº de join/Split inclusive	$(\infty, 4.63]$	$(4.63, 2.17]$	$(2.17, 0.62]$	$(0.62, 0]$	-
NCD: nº de join/Split compleja	$(\infty, 4.56]$	$(4.56, 2.18]$	$(2.18, 0.69]$	$(0.69, 0]$	-
NPF: nº de join/Split paralela	$(\infty, 3.36]$	$(3.36, 1.60]$	$(1.60, 0.49]$	$(0.40, 0]$	-

**Tabla 1.** Medidas para entendibilidad y sus valores umbral (parte 2)

Medidas	Muy difícil de entender	Difícil de entender	Moderadamente entendible	Fácil de entender	Muy fácil de entender
NSFG: n° de flujos de secuencia desde nodos de decisión	( $\infty$ ,42.5]	(42.5,23.2]	(23.2,11.1]	(11.1,0]	-
TNG: n° nodos de decisión	( $\infty$ ,17.3]	(17.3,9.71]	(9.71,4.89]	(4.89,0.08]	(0.08,0]
NP: n° de participantes	( $\infty$ ,6.49]	(6.49,4.14]	(4.14,2.66]	(2.66,1.19]	(1.19,0]
PDOPout: proporción de objetos de datos de salida	( $\infty$ ,1.39]	(1.39,0.79]	(0.79,0.41]	(0.41,0.03]	(0.03,0]
TNE: n° de eventos	( $\infty$ ,18.2]	(18.2,11.5]	(11.5,7.28]	(7.28,3.04]	(3.04,0]
TNA: n° de actividades	( $\infty$ ,46.5]	(46.5,31.3]	(31.3,21.8]	(21.8,12.3]	(12.3,0]
TNSF: n° flujos de secuencia	( $\infty$ ,74.8]	(74.8,50.2]	(50.2,34.8]	(34.8,19.4]	(19.4,0]
CLP: nivel de conectividad entre participantes	( $\infty$ ,6.32]	(6.32,3.79]	(3.79,2.21]	(2.21,0.62]	(0.62,0]
NDOOut: n° objetos de datos de salida	( $\infty$ ,19.3]	(19.3,9.60]	(9.60,3.46]	(3.46,0]	-
NDOIn: n° objetos de datos de entrada	( $\infty$ , 26.1]	(26.1,12.1]	(12.1,3.38]	(3.38,0]	-
NSFE: n° de flujos de secuencia desde eventos	( $\infty$ ,16.5]	(16.5,8.74]	(8.74,3.81]	(3.81,0]	-
NMF: n° de mensajes	( $\infty$ ,22.8]	(22.8,13.2]	(13.2,7.15]	(7.15,1.09]	(1.09,0]

En la literatura se encuentran varias técnicas estadísticas para calcular valores umbral a partir de datos experimentales. En este apartado comentamos uno de los usados en nuestros trabajos, conocido como método Bender [26], ideado inicialmente para el campo de la medicina. Este método permite asociar probabilidades a ciertos resultados de medición del tipo siguiente: si una medida particular  $m$  obtiene un valor  $Y \in [Y_1, Y_n]$ , entonces existe una probabilidad  $Z\%$  de considerar el modelo como *muy fácil de entender*. Los resultados de aplicar este método en un conjunto de medidas validadas empíricamente fueron publicados en [8, 27]. Los umbrales asociados a algunas medidas se muestran en la Tabla 1. Además, siguiendo las recomendaciones de [28], se eligieron 5 etiquetas lingüísticas (*muy difícil de entender, difícil de entender, moderadamente entendible, fácil de entender, muy fácil de entender*) para dar una valoración más fácil de entender para el ser humano. A título de ejemplo, supongamos que el número de nodos para un modelo es 70. Entonces, siguiendo la Tabla 1 (primera fila), sabríamos que ese modelo tiene indicios de ser difícil de entender, y por tanto, habría que revisar el número de nodos (el elemento de diseño contado por la medida) del modelo. Los valores umbral constituyen un complemento fundamental para las guías de modelado, ya que pueden ayudar a un modelador a determinar si su modelo

está “bien diseñado” en función de las medidas estructurales. Permiten identificar las circunstancias en que la calidad de un modelo está en peligro. Sin embargo, estos „disparadores“ no detallan qué hacer, sólo nos dan el aviso. En el apartado 4.3 se aborda esta cuestión.

## 4.2 Guías para la Modificabilidad

En esta sección se describen un conjunto de medidas estructurales correlacionadas con la modificabilidad y sus umbrales asociados.

La validación empírica de las medidas estructurales y su relación con la modificabilidad se estudió en trabajos previos de manera similar a cómo se ha comentado con la entendibilidad [21]. Con los experimentos realizados se validaron empíricamente un conjunto de medidas estructurales [8, 23] y se hallaron conclusiones globales mediante meta-análisis [25]. Sin embargo, al contrario que ocurrió con la entendibilidad, el número de medidas capaces de predecir la modificabilidad es más reducido, como se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Medidas para la modificabilidad y sus valores umbral

Medidas	Muy difícil de modificar	Difícil de modificar	Moderadamente modificable	Fácil de modificar	Muy fácil de modificar
AGD: nivel medio de nodos de decisión	$(\infty, 7.65]$	$(7.65, 4.80]$	$(4.80, 3.02]$	$(3.02, 1.23]$	$(1.23, 0]$
MGD: nivel máx. de nodos de decisión	$(\infty, 8.95]$	$(8.95, 5.70]$	$(5.70, 3.66]$	$(3.66, 1.63]$	$(1.63, 0]$
GH: heterogeneidad de los nodos de decisión	$(\infty, 1.54]$	$(1.54, 0.81]$	$(0.81, 0.35]$	$(0.35, 0]$	-
Separabilidad	$(0, 0.16]$	$(0.16, 0.42]$	$(0.42, 0.68]$	$(0.68, 1.10]$	$(1.10, \infty)$
NSFG: n° de flujos de secuencia desde nodos de decisión	$(\infty, 33.1]$	$(33.1, 18.4]$	$(18.4, 9.26]$	$(9.26, 0.05]$	$(0.05, 0]$
CFC: complejidad del flujo de control	$(\infty, 50.6]$	$(50.6, 26.9]$	$(26.9, 12.1]$	$(12.1, 5]$	$(5, 0]$
GM: desajuste de los conectores	$(\infty, 42]$	$(42, 24]$	$(24, 12]$	$(12, 1]$	-
TNG: n° de nodos de decisión	$(\infty, 15.4]$	$(15.4, 8.56]$	$(8.56, 4.23]$	$(4.23, 0]$	-
Profundidad	$(\infty, 5.99]$	$(5.99, 3.26]$	$(3.26, 1.56]$	$(1.56, 0]$	-

Los valores umbral para la modificabilidad también se construyeron, en este caso, mediante el método Bender. Los resultados son los mostrados en la Tabla 2. De esta manera, por ejemplo, si la medida GH recibe un valor de 1, el modelo es considerado como *difícil de modificar*. Las guías para solucionar los niveles bajos de calidad se comentan a continuación.

### 4.3 Guías de Modelado

En esta sección se presentan un grupo de guías que pueden ser usadas para mejorar la entendibilidad y modificabilidad de los modelos. Estas guías permiten resolver los niveles no adecuados de calidad indicados por ciertas medidas (ver tablas 1 y 2) disparadas. Se describen agrupándolos en forma de guías. Estas guías deben ser usadas cuando los resultados de medición son clasificados como *moderadamente entendible/modificable*. Debemos recordar que los valores umbral son diferentes para cada característica de calidad (entendibilidad o modificabilidad). Un resumen de toda la propuesta se muestra en la tabla 3, donde la columna „explicación“ resume en forma textual las situaciones no deseables, extraídas de la colección de medidas y valores umbral, y la guía a aplicar en su caso.

**G1. Modulariza el modelo a través del uso de subprocesos. Elimina actividades obvias o fusiona actividades con un nivel bajo de granularidad. Recoloca actividades desde el modelo principal a los subprocesos o vice-versa.** Las medidas implicadas en esta guía son el número de nodos, TNA, diámetro, y TNSF. TNA está relacionada con el elemento más común en un modelo, la actividad, y está directamente afectada cuando se reduce la medida número de nodos. En esta línea, el diámetro es también afectado, porque la reducción del número de nodos afecta al camino entre el nodo inicial y algún nodo final. Finalmente, si hay un valor bajo de nodos, los flujos de secuencia también se ven reducidos. A número grande de nodos es un problema típico en muchos de los casos. Existen varias soluciones a este problema, como es la modularización (tal y como se describió en [20]). Cuando un modelo tiene un número grande de nodos, es interesante agrupar algunos de ellos y crear un subproceso. Sin embargo, algunos modeladores inexpertos pueden caer en el error de diseñar modelos con un nivel muy bajo de granularidad y poner actividades muy simples u obvias y por tanto, pueden ser eliminadas sin pérdida de información significativa. Finalmente, algunos subprocesos pueden tener varias actividades en común, lo que significa que éstas deben ser recolocadas en un modelo superior (o padre). Estas soluciones pueden ayudar a mejorar los resultados de ciertas medidas estructurales.

**G2. Intentar incluir sólo un nodo de inicio y un nodo de fin por participante.** Las medidas relacionadas con esta guía son TNE y NSF. El número de eventos (de comienzo, intermedios o finales) en el modelo directamente afecta a la suma de los flujos que parten o surgen de los eventos. Las soluciones propuestas están basadas en [20].

**G3. Eliminar los participantes representados como cajas negras cuando no incluyen información relevante.** Las medidas relacionadas con esta guía son NP y CLP, porque ambas están relacionadas con el elemento participante de los modelos. Una solución posible a este problema es eliminar los participantes que están representados como cajas negras en el modelo. La especificación de este tipo de participantes algunas veces implica información redundante. Por ejemplo, cuando una actividad envía un mensaje a un participante representado como caja negra, la información

sobre quién recibe el mensaje puede ser especificada en la propia actividad en vez de en el participante.

**G4. Intentar dividir un nodo de decisión con un número alto de flujos de salida en varios nodos de decisión anidados cuando sea posible.** Este límite es indicado por las medidas AGD, MGD, y CNC, porque están relacionadas con el número de entradas y salidas a los nodos, principalmente, a los de decisión. Esta solución consiste en separar un nodo de decisión en varios para analizar una pregunta compleja en varios pasos. Esto facilitará el análisis de las tareas, pero puede a su vez incrementar el número de nodos del modelo. El uso de esta guía se restringe, entonces, a las situaciones en las que las medidas relacionadas no se ven perjudicadas en gran medida.

**G5. Intentar fusionar varios nodos de decisión cuando las decisiones especificadas en los nodos de decisión están relacionadas. Evitar los nodos OR-split cuando sea posible.** Este límite está indicado por las medidas TNG, CFC y GH. Todas estas medidas están relacionadas con los nodos de decisión y, por ejemplo, un incremento de la medida TNG puede incrementar la medida CFC y GH. Esta solución está basada en la idea de reducir el número total de nodos de decisión. El problema es que no es posible eliminar un nodo de decisión en un modelo sin que haya pérdida de información, por eso es mejor fusionar algunos de ellos cuando están relacionados, y por tanto, las preguntas simples se unirán en una pregunta más compleja. Es importante evitar como sea posible, el número de nodos OR-split porque incrementa en gran medida el valor de las medidas asociadas.

**G6. Usar los patrones de diseño para evitar desajuste en los nodos de decisión.** Esta guía enfatiza la importancia de modelar de forma estructurada, especialmente con los nodos de decisión. Patrones relacionados con acompañar a cada *split* un nodo de decisión de tipo *join* y similares fueron publicados en [29]. Esta guía principalmente ayuda a la sincronización de tareas.

## 5 Conclusiones y trabajo futuro

En este artículo se han presentado unas guías para ayudar al modelado de procesos de negocio. Estas guías han sido construidas a partir de medidas estructurales y sus correspondientes valores umbral. Las medidas fueron previamente validadas empíricamente para comprobar su correlación con la entendibilidad y modificabilidad de los modelos. Los valores umbral se obtuvieron mediante el método Bender, procedente del campo de la medicina y adaptado a esta investigación. De esta manera, cuando un conjunto de medidas superan determinados valores críticos, los modeladores pueden ser avisados para modificar el modelo de acuerdo a unas guías incluidas también en este artículo.

**Tabla 3.** Guías para el modelado de procesos de negocio

Característica	Medidas	Explicación	Guías
Entendibilidad	Nodos, TNA, Diámetro, TNSF	No usar más de 58 nodos en general, y 31 actividades. El camino más largo entre un nodo de comienzo y uno de fin no debe ser mayor a 16 nodos. No usar más de 50 flujos de secuencia.	<b>G1:</b> Modulariza el modelo a través del uso de subprocesos. Elimina actividades obvias o fusiona actividades con un nivel bajo de granularidad. Recoloca actividades desde el modelo principal a los subprocesos o vice-versa.
	TNE, NSFE	No usar más de 11 eventos y no más de 9 flujos de secuencia desde un evento.	<b>G2:</b> Intentar incluir sólo un nodo de inicio y un nodo de fin por participante
	NP, CLP	No usar más de 4 participantes y un CLP no debe exceder 3.79	<b>G3:</b> Eliminar los participantes representados como cajas negras cuando no incluyen información relevante.
	AGD, MGD, CNC	No usar más de 4 flujos de secuencia de entrada o salida desde un nodo de decisión y 2 por nodo, con un máximo de 5.	<b>G4:</b> Intentar dividir un nodo de decisión con un número alto de flujos de salida en varios nodos de decisión anidados cuando sea posible.
AGD, MGD	Do not use more than 5 input/output sequence flows from each gateway, with a maximum value of 6.		
Entendibilidad	CFC, TNG, GH	No usar más de 10 nodos de decisión, con una heterogeneidad de no más de 0.71. La medida CFC no debe ser mayor a 21.	<b>G5:</b> Intentar fusionar varios nodos de decisión cuando las decisiones especificadas en los nodos de decisión están relacionadas. Evitar los nodos OR-split cuando sea posible.
Modificabilidad	TNG, CFC, GH	No usar más de 9 nodos de decisión, con una heterogeneidad de no más de 0.81. La medida CFC no debe ser mayor a 27	
Entendibilidad	GM	GM no debe ser mayor a 23.	<b>G6:</b> Usar los patrones de diseño para evitar desajuste en los nodos de decisión.
Modificabilidad	GM	GM no debe ser mayor a 24.	

Estas guías de modelado constituyen un punto de partida para mejorar el modelado de procesos de negocio en una organización. Las guías han sido diseñadas con fundamentos empíricos, lo que implica una mayor certidumbre sobre su utilidad práctica. Sin embargo, no todos los aspectos a mejorar en un modelo conceptual están relacionados con la estructura, y esto constituye la principal limitación del trabajo. Otros aspectos como las etiquetas asociadas a los elementos en el modelo (por ejemplo, los nombres de las tareas o las cuestiones de los nodos decisión) afectan muy directamen-

te a la entendibilidad y modificabilidad del modelo, y serán estudiados en trabajos futuros. Finalmente, aunque la entendibilidad y modificabilidad están entre las características de calidad más relevantes para los modelos conceptuales, también serán estudiadas otras en trabajos futuros, y así disponer de unas guías de modelado más completas.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por los siguientes proyectos: ALTAMIRA (Junta de Comunidades de Castilla La Mancha, Fondo Social Europeo, PII2I09-0106-2463), INGENIOSO (Junta de Comunidades de Castilla La Mancha, PEIII11-0025-9533) y PEGASO/MAGO (Ministerio de Ciencia e Innovación y Fondo Europeo de Desarrollo Regional FEDER, TIN2009-13718-C02-01)

### Referencias

1. Pfleeger, S.L., *Integrating Process and Measurement*. In A. Melton (Ed.), *Software Measurement*. International Thomson Computer Press, 1996: p. 53-74.
2. Rosemann, M., *Potential pitfalls of process modeling: part a*. Business process Management Journal, 2006. **12**(2): p. 249-254.
3. Wand, Y. and C. Weber, *Research commentary: Information systems and conceptual modeling—a research agenda*. Info. Sys. Research, 2002. **13**(4): p. 363--376.
4. Sánchez-González, L., F. García, F. Ruiz, and M. Piattini, *Measurement in Business Processes: a Systematic Review*. Business process Management Journal, 2010. **16**(1): p. 114-134.
5. Zelkowitz, M. and D. Wallace, *Experimental models for validating technology*. IEEE Computer, Computing practices, 1998.
6. ISO/IEC, *9126-1, Software engineering - product quality - Part 1: Quality Model*. 2001.
7. Mendling, J., L. Sánchez González, F. García, and M. La Rosa, *Thresholds for Error Probability Measures of Business Process Models*. International Journal of Systems and Software, 2012. **85**(5): p. 1188-1197.
8. Sánchez-González, L., F. García, J. Mendling, and F. Ruiz, *Quality Assessment of Business Process Models Based on Thresholds*. CoopIS 2010 - 18th International conference on Cooperative Information Systems, 2010: p. 78-95.
9. García, F., M. Bertoa, C. Calero, A. Vallecillo, F. Ruiz, M. Piattini, and M. Genero, *Towards a Consistent Terminology for Software Measurement*. Information and Software Technology, 2005. **48**: p. 631-644.
10. Rolón, E., F. García, and F. Ruiz, *Evaluation Measures for Business Process Models*. Simposium in Applied Computing SAC06, 2006.
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. Vanderfeesten, I., H.A. Reijers, J. Mendling, W.M.P. van der Aalst, and J. Cardoso, *On a Quest for Good Process models: the Cross Connectivity Metric*. International Conference on Advanced Information Systems Engineering, 2008.
13. van der Aalst, W.M.P. and K.B. Lassen, *Trasnalting unstructured workflow processes to readable BPEL: theory and implementation*. Information and Software Technology, 2003. **50**(3): p. 131-159.
14. Mendling, J., *Metrics for Process Models: Empirical Foundations of Verification, Error Prediction, and Guidelines for Correctness*. 2008: Springer Publishing Company, Incorporated.
15. Laue, R. and J. Mendling, *Structuredness and its Significance for Correctness of Process Models*. Information Systems and E-Business Management, 2009.
16. Krogstie, J., G. Sindre, and H. Jorgensen, *Process models representing knowledge for action: a revised quality framework*. Eur. J. Inf. Syst., 2006. **15**(1): p. 91-102.
17. Lindland, O.I., G. Sindre, and A. Solvberg, *Understanding Quality in Conceptual Modeling*. IEEE Software, 1994. **11**(2): p. 42-49.
18. Becker, J., M. Rosemann, and C. von Uthmann, *Guidelines of Business Process Modeling*, in *Business Process Management*. 2000, Springer Berlin / Heidelberg. p. 241-262.
19. Sharp, A. and P. McDermott, *Workflow Modeling: Tools for Process Improvement and Application Development*. Artech House Publishers, 2001.
20. Mendling, J., H.A. Reijers, and W.M.P. van der Aalst, *Seven Process Modeling Guidelines (7PMG)*. Information and Software Technology, 2010. **52**(2): p. 127-136.
21. Rolón, E., F. García, F. Ruiz, M. Piattini, C.A. Visaggio, and G. Canfora, *Evaluation of BPMN Models Quality. A Family of Experiments*. ENASE - International Conference on Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering, 2008.
22. OMG. *Business Process Model and Notation (BPMN), Version 2.0*. 2011; Available from: <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/>.
23. Rolón, E., J. Cardoso, F. García, F. Ruiz, and M. piattini, *Analysis and Validation of Control-Flow Complexity Measures with BPMN Process Models*. The 10th Workshop on Business Process Modeling, Development, and Support, 2009.
24. Glass, G.V., B. McGaw, and M.L. Smith, *Meta-Analysis in Social Research*. Sage Publications, 1981.
25. Sánchez-González, L., F. García, F. Ruiz, and M. Piattini, *Validación Global de Medidas para Modelos Conceptuales de Procesos de Negocio mediante Meta-Análisis*. Jornadas en Ingeniería del Software y Bases de Datos, 2010: p. 293-298.

26. Bender, R., *Quantitative Risk Assessment in Epidemiological Studies. Investigating Threshold Effects*. Biometrical Journal, 1999. **41**(3): p. 305-319.
27. Sánchez-González, L., F. Ruiz, F. García, and J. Cardoso, *Towards Thresholds of Control Flow Complexity Measures for BPMN Models*. 26th Symposium On Applied Computing SAC 10, 2011: p. 1445-1450.
28. Miller, G.A., *The magical number seven or minus two: some limits on our capacity of processing information*. Psychological Rev, 1956. **63**: p. 81-97.
29. van der Aalst, W.M.P., A.H.M. ter Hofstede, B. Kiepuszewski, and A.P. Barros, *Workflow Patterns*. Distributed and Parallel Databases, 2003. **14**(1): p. 5-51.