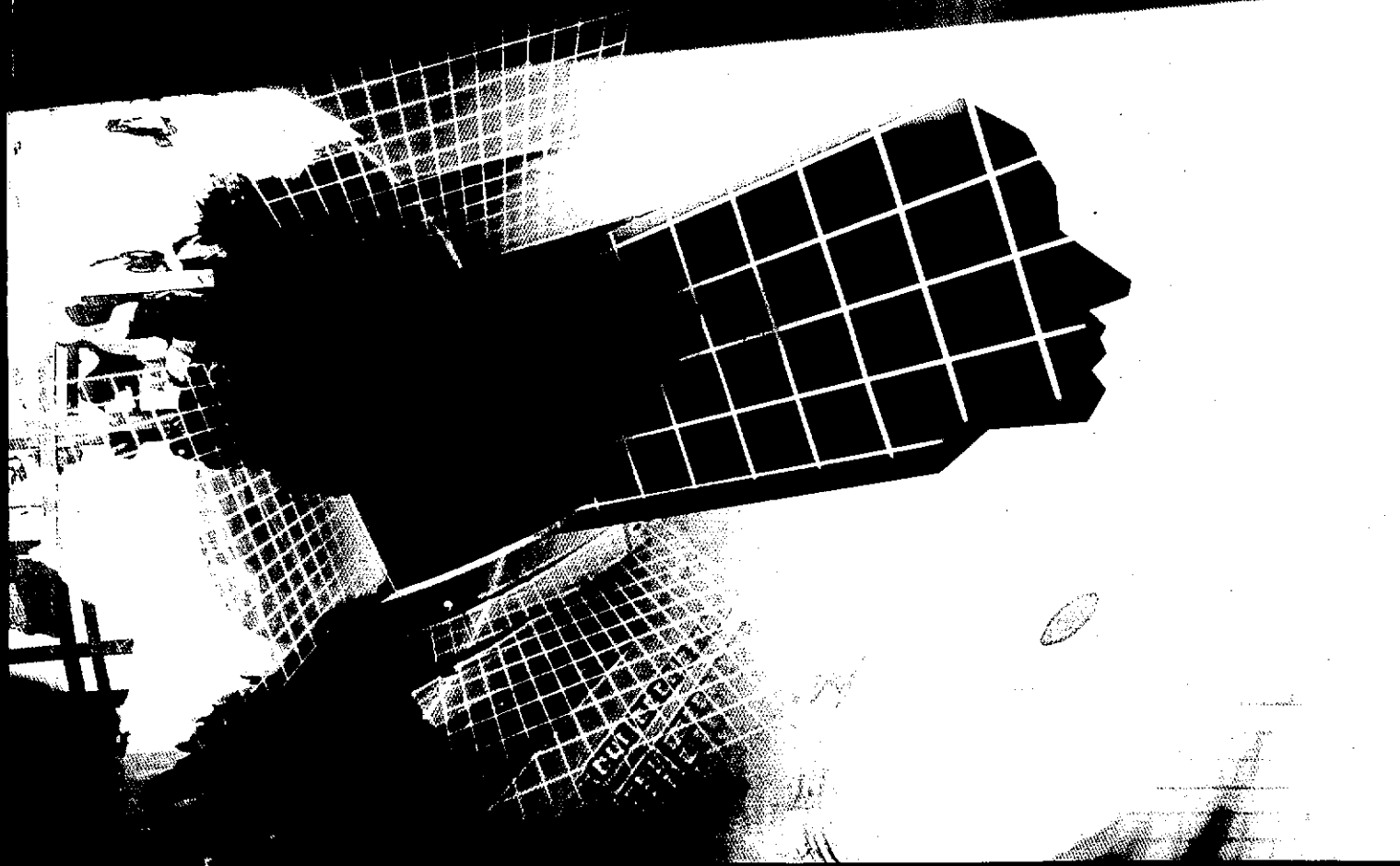




# VI Jornadas Iberoamericanas

de Ingeniería del Software  
e Ingeniería del Conocimiento

DEL 31 DE ENERO AL 2 DE FEBRERO  
LIMA - PERÚ



DEPARTAMENTO  
DE **INGENIERÍA**  
SECCIÓN INGENIERÍA INFORMÁTICA



**90**  
AÑOS

PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD**  
**CATÓLICA**  
DEL PERÚ

ISBN 978-9972-2885-1-7



JIISIC'07

VI Jornadas Iberoamericanas de  
Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento

Lima-Perú  
31 de enero al 2 de febrero de 2007

**Editado y Compilado por:**

Facultad de Ciencias e Ingeniería  
Departamento de Ingeniería

Maynard Kong  
José Antonio Pow-Sang  
Manuel Francisco Tupia  
Luis Alberto Flores



**90**  
AÑOS

PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD**  
**CATÓLICA**  
DEL PERÚ

VI Jornadas Iberoamericanas de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento-IIISIC'07

Compilado por:

Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú  
Departamento de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú

Editado por:

Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú  
Departamento de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú  
Maynard Kong Wong, José Antonio Pow-Sang Portillo, Manuel Francisco Tupia Anticona y Luis Alberto Flores García.

Primera edición: enero de 2007

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N°2007-00571

ISBN N° 978-9972-2885-1-7

### Comité Permanente

Silvia Teresita Acuña, Universidad Autónoma de Madrid, España  
 Manoel Mendonça, Universidade Salvador, Brasil  
 Oscar Dieste, Universidad Complutense de Madrid, España

### Comité Organizador

José Antonio Pow-Sang, Pontificia Universidad Católica del Perú (**chair**)  
 Manuel Tupia, Pontificia Universidad Católica del Perú  
 Luis Flores, Pontificia Universidad Católica del Perú  
 Felipe Solari, Pontificia Universidad Católica del Perú

### Comité de Programa

Maynard Kong, Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú (**chair**)  
 Raul Aguilar, Universidad Autonoma de Yucatán, México  
 Idoia Alarcon, Universidad Autónoma de Madrid, España  
 Luis Alberto Alvarez, Universidad Austral, Chile  
 Marco Alvarez, Utah State University, EEUU  
 Pedro Antunes, Universidade de Lisboa, Portugal  
 Joao Araujo, Universidade Nova de Lisboa, Portugal  
 Marianela Aveledo, Universidad Simon Bolivar, Venezuela  
 Pere Botella, Universitat Politècnica de Catalunya, España  
 David Camacho, Universidad Autonoma de Madrid, España  
 Francisco Camargo, ITESM, México  
 Zalatiel Carranza, Universidad de Lima, Perú  
 Dante Carrizo, Universidad Complutense de Madrid, España  
 Luca Cernuzzi, Univ. Católica Ntra. Señora de la Asunción, Paraguay  
 Sergio Coronado, University of Luxembourg, Luxemburgo  
 Ernesto Cuadros-Vargas, Universidad Católica San Pablo, Perú  
 Angelica de Antonio, Universidad Politècnica de Madrid, España  
 Amador Duran, Universidad de Sevilla, España  
 Juan Vicente Echagüe, Universidad de la República, Uruguay  
 Yadran Eterovic, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile  
 Mariano Fernandez, Universidad CEU San Pablo, España  
 Xavier Ferre, Universidad Politècnica de Madrid, España  
 Ramon Garcia, Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Argentina  
 Francisco Jose Garcia, Universidad de Salamanca, España  
 Luis Guerrero, Universidad de Chile, Chile  
 Ricardo Imbert, Universidad Politècnica de Madrid, España  
 Mario Jino, Universidade Estadual de Campinas, Brasil  
 Nora La Serna, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú  
 Guillermo Licea, Universidad Autónoma de Baja California, México  
 Marta Lopez, Universidad Complutense de Madrid, España  
 Jose Antonio Macias, Universidad Autónoma de Madrid, España  
 Esperanza Marcos, Universidad Rey Juan Carlos, España  
 Victor Hugo Medina, Universidad Distrital Fco. José Caldas, Colombia  
 Nelson Medinilla, Universidad Politècnica de Madrid, España  
 Ana María Moreno, Universidad Politècnica de Madrid, España  
 Jaime Muñoz, Universidad Autónoma de Aguascalientes, México  
 Melvin Perez, CAM Informatica, República Dominicana  
 Claudia Pons, Universidad Nacional de la Plata, Argentina  
 Angel Puerta, Redwhale Software, EEUU  
 Isidro Ramos, Universitat Politècnica de Valencia, España  
 Gustavo Rodríguez, INAOE, México  
 María Isabel Sanchez Segura, Universidad Carlos III de Madrid, España

### **Comité de Programa (continuación)**

René Santaolaya Salgado, CENIDET, México  
Miguel Angel Serrano, CIMAT, México  
Almudena Sierra, Universidad Rey Juan Carlos, España  
Enrique Sierra, Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Argentina  
Francisco Tirado, Universidad Complutense de Madrid, España  
Ambrosio Toval, Universidad de Murcia, España  
Jorge Triñanes, Universidad de la República, Uruguay  
Raimundo Vega, Universidad Austral, Chile  
Sira Vegas, Universidad Politécnica de Madrid, España  
Silvia Regina Vergilio, Universidade Federal do Paraná, Brasil  
Monica Villavicencio, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador  
Marcello Visconti, Universidad Técnica Federico Santa María, Chile  
Aurora Vizcaino Barceló, Universidad de Castilla-La Mancha, España

### **Colaboradores en el Proceso de Revisión**

Abel Gómez  
Alejandro Hossian  
Alex Bustos  
Aurora Pozo  
César J. Acuña  
Enrique Fernandez  
Fernando Molina  
Fuensanta Medina Domínguez  
Jaime Navón  
Jennifer Pérez  
Joaquín Nicolás  
José Ángel Olivas  
Jose Arturo Mora Soto  
Jose Carsí  
José María Cavero  
Luis Flores  
Manuel Tupia  
Maria Alejandra Ochoa  
Marisa Cogliati  
Miguel Ángel Martínez Aguilar  
Nelly Condori-Fernandez  
Norberto Millo  
Paola Britos  
Percy Pari Salas  
Sonia Pamplona

## Prólogo

Este volumen contiene los trabajos aceptados y presentados en las VI Jornadas Iberoamericanas de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento (JIISIC'07) celebradas en Lima, Perú, del 31 de enero al 2 de febrero de 2007. Desde su edición inicial en 2001, las JIISIC han demostrado ser el foro de reunión más importante, a nivel Iberoamericano, de investigadores y profesionales interesados en ambas disciplinas.

El evento actual es la continuación de la labor iniciada en las JIISIC'01, celebrada en Buenos Aires (Argentina), JIISIC'02 en Salvador de Bahía (Brasil), JIISIC'03 en Valdivia (Chile), JIISIC'04 en Madrid (España) y JIISIC'06 en Puebla (México).

En la presente convocatoria se han recibido 88 artículos de calidad científica para su evaluación. Cada trabajo ha sido evaluado por al menos 2 revisores y se ha contemplado la resolución de divergencias, que por cierto han sido muy pocas. Finalmente fueron aceptados 54 artículos de autores procedentes de Argentina, Brasil, Colombia, Corea del Sur, Cuba, Chile, Ecuador, España, Estados Unidos de América, México, Perú y Uruguay. Además de las sesiones técnicas, se aceptaron cuatro tutoriales.

Es preciso indicar que todo esto no hubiera sido posible sin la colaboración de muchas personas. Por ello queremos agradecer especialmente a los miembros del Comité de Programa por su excelente y desinteresada labor, necesaria para renovar la calidad y prestigio ganado. También queremos destacar el enorme esfuerzo de Manuel Tupia, Luis Flores y Felipe Solari, miembros del Comité Organizador, sin cuyo trabajo no hubieran podido celebrarse estas Jornadas. Nuestro agradecimiento al Ing. Eduardo Ismodes, decano de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, y al Ing. Kurt Paulsen, jefe del Departamento de Ingeniería, por el gran apoyo que nos han brindado. Por último, pero no al final, expresamos nuestro sincero agradecimiento a todos los autores que aportaron sus contribuciones al evento.

Maynard Kong  
Presidente del Comité de Programa

José Antonio Pow-Sang  
Presidente del Comité Organizador

# ÍNDICE

<b>ARTÍCULOS</b>	1
<b>Sesión 1a: Bases de datos y Minería de Datos</b>	
Un Modelo de Proceso para Educación de Requisitos en Proyectos de Data Mining <i>José Gallardo Arancibia, Óscar Marbán Gallego, Claudio Meneses Villegas</i>	3
Optimizing Lies in State Oriented Domains based on Genetic Algorithms <i>A. Zylberberg, E. Calot, J. Iervache, H. Merlino, P. Britos, R. Garcia-Martinez</i>	11
Extension del Lenguaje SQL con Nuevas Primitivas SQL para el Descubrimiento de Reglas de Clasificación <i>Ricardo Timarán Pereira</i>	19
<b>Sesión 1b: Pruebas de Software, Validación y Verificación. Prop. de Inteligencia Artificial a IS</b>	
Certificación de Propiedades Usando Distintos Probadores de Teoremas: Un Caso de Estudio <i>J. Santiago Jorge, Víctor M. Gulías, Laura M. Castro</i>	27
GraspKM en la Recuperación de la Estructura de Software <i>Erick Vicente, Manuel Tupia, Luis Rivera</i>	35
Testing Exploratorio en la Práctica <i>Beatriz Pérez, Amparo Pittier, Mariana Travieso, Mónica Wodzislowski</i>	43
<b>Sesión 1c: Ingeniería de Requerimientos</b>	
Una Propuesta para la Elicitación de Requerimientos de Seguridad Basada en Preguntas <i>Vianca Vega Z., Gloria Gasca H., Edmundo Tovar C., José Carrillo V.</i>	51
Um Processo de Engenharia de Requisitos Baseado em Reutilização de Ontologias e Padrões de Análise <i>Ricardo de Almeida Falbo, Aline Freitas Martins, Bruno Marques Segrini, Gleison Baiôco, Rodrigo Dal Moro, Julio Cesar Nardi</i>	59
Elicitación de Requisitos Empleando UN-Lencep y Esquemas Preconceptuales <i>Carlos Mario Zapata J., Fernando Arango I.</i>	69
<b>Sesión 2a: Ingeniería del Conocimiento, Bases de Datos y Minería de Datos</b>	
Onto-DOM: A Question-Answering Ontology-Based Strategy for Heterogeneous Knowledge Sources <i>Mariel Alejandra Ale, Cristian Gerarduzzi, Omar Chionti, Maria Rosa Galli</i>	79
Knowledge Engineering for a Fuzzy Power Plant Process Controller <i>Youngchul Bae, MalRey Lee, Sang Doo Shin, Thomas Gatton, Yigon Kim</i>	87
Un Acercamiento a los Modelos Multidimensionales Espacio Temporales <i>Francisco Javier Moreno Arboleda, Fernando Arango Isaza</i>	93



## Sesión 2b: Ontologías, Metodologías, Patrones y Frameworks

Asynchronous Merging of Software Ontologies: An Experience <i>Nicolas Anquetil, Aurora Vizcaíno, Francisco Ruiz, Kathia Oliveira, Mario Piattini</i>	99
Hacia una Metodología Orientada al Conocimiento para la Educación de Requisitos en Ingeniería del Software <i>Alejandro Hossian, Enrique Sierra, Ramón García-Martínez, María Alejandra Ochoa, Paola Britos</i>	107
Casos de (Re)Uso: Uma Abordagem para Reuso de Software Interativo Dirigida por Casos de Uso e Padrões Concretos de Interação, <i>Augusto Abelin Moreira, Marcelo Soares Pimenta</i>	115

## Sesión 2c: Ingeniería de Requerimientos, Arquitecturas y Diseño de Software

Modelado de Aplicaciones con Procesos Concurrentes y Distribuidos <i>Daniel A. Giulianelli, Rocio A. Rodriguez, Pablo M. Vera</i>	123
Requisitos No Funcionales: Evaluando el Impacto de Decisiones <i>Marcela Quispe-Cruz, Nelly Condori-Fernández</i>	133
Atributos Contextuales Relevantes para la Selección de Técnicas de Educación de Requisitos <i>Dante Carrizo, Oscar Dieste</i>	143

## Sesión 3a: Arquitecturas y Diseño de Software

Evaluación de Arquitecturas de Software con ATAM (Architecture Tradeoff Analysis Method): Un Caso de estudio <i>Andrea Delgado, Alberto Castro, Martín Germán</i>	151
Transformación de Vistas Arquitectónicas Orientada por Modelos <i>Rogelio Limón Cordero, Isidro Ramos Salavert, Arturo Aragon Sorroza</i>	161
Analyzing and Designing Software Architecture Views driven by their Relationships <i>Rogelio Limón Cordero, Isidro Ramos Salavert, Maricela Morales Hernández, Jorge Zuráte Perez</i>	171

## Sesión 3b: Métodos de Diseño, Modelado de Dominio y Meta-Modelado

Aplicando MDA al Diseño de un Datawarehouse Temporal <i>Carlos Neil, Claudia Pons</i>	181
Estrategias de Detección de "Feature Envy" en Aplicaciones Java <i>Carlos Angarita Márquez, Silvia Takahashi Rodriguez</i>	191
Un Caso Práctico en MDA para Construir Aplicaciones JEE5 y .NET <i>Andres Yie, Juan Bohórquez, Rubby Casallas</i>	201

## Sesión 3c: Calidad en el Software

Evolução de um Processo Ágil de Desenvolvimento baseado em framework, <i>Franciene Duarte Gomes, Maria Istela Cognin</i>	211
Desarrollo de un Código de Métricas para Pequeñas Empresas Ecuatorianas Desarrolladoras de Software <i>Raúl González Carrión, Henry Hernandez Rendón, Mónica Villavicencio Cabezas</i>	221

A Organização de uma Máquina de Processo e a Melhoria do Processo de Produção de Software em um Ambiente de Fábrica <i>José A. Fabri, André L.P. Trindade, Alexandre L'Erário, Marcelo S. de P. Pessoa</i>	229
---	-----

## Sesión 4a: Modelado de Procesos

A Minimal OCL-based Profile for Model Transformation <i>Roxana Giandini, Gabriela Pérez, Claudia Pons</i>	237
Extensión MDA (Model Driven Architecture) para Proceso Basado en RUP (Rational Unified Process), <i>Andrea Delgado, Natacha Carballal, Catalina Rapetti</i>	247
Organización de Conocimientos en Procesos de Ingeniería de Software por Medio de Modelado de Procesos: una Adaptación de SPEM <i>Oscar M. Rodríguez-Elias, Ana I. Martínez-García, Aurora Vizcaino, Jesús Favela, Mario Piattini</i>	257

## Sesión 4b: Ing. del Software basada en Componentes, Usabilidad e Interacción Persona-Computadora

Un modelo de Componentes para el Diseño y Ejecución de Procesos de Colaboración basado en ThinkLets <i>Víctor Alberto Hermida, Carlos Hernán Tobar, Julio Ariel Hurtado, César A. Collazos</i>	267
Monitoreo del Desempeño de los Factores de Seguridad de una Transacción Web a través de la Interfaz de Usuario <i>R. Mendoza González, J. Muñoz Arteaga, F. J. Álvarez Rodríguez, M. Vargas Martín</i>	275

## Sesión 4c: Métricas e Ingeniería del Software Empírica

Experimento Exploratorio para la Validación de Medidas para Modelos de Procesos de Negocio <i>Elvira Rolón, Félix García, Francisco Ruiz, Mario Piattini</i>	283
Estudio Experimental en Equipos de Desarrollo de Software sobre las Relaciones entre Personalidad, Satisfacción y Calidad del Producto <i>Marta Gómez, Silvia T. Acuña, Ramón Rico</i>	293
Estimación basada en Escenarios Principales, <i>José Cao, Enrique Fernández, Hernán Merlino, Alejandro Hossian, Enrique Sierra, Eduardo Diez, Paola Britos, Ramón García-Martínez</i>	301

## Sesión 5a: Modelos de Calidad

RevisionCASE, Herramienta para Gestionar Revisiones a Proyectos de Software Empleando Razonamiento Basado en Casos <i>Martha Delgado Dapena, Sofía Álvarez Cardenas, Josué Carralero Enaga, Javier Travieso Arencibia, Iren Lorenzo Fonseca, Alejandro Rosete Suárez</i>	309
Modelo Liviano de Calidad para la Mejora de Procesos de Desarrollo Software <i>Carmen J. Sánchez, María E. Solís, Francisco J. Pino, Julio A. Hurtado</i>	315
Diseño y Desarrollo de un Entorno Integrado para Simuladores de Entrenamiento de Procesos Industriales <i>Pedro A. Corcuera</i>	325

## Sesión 5b: Métricas e Ingeniería del Software Empírica

Avaliando a Relação entre Tamanho-Complexidade e Número de Defeitos de Software em Nível de Módulo <i>Waldo Luis de Lucca, Plínio R. S. Vilela, Mario Jino</i>	333
---	-----

<i>Empirically Evaluating the Usefulness of Software Visualization Techniques in Program Comprehension Activities</i> <i>Glanco de F. Carneiro, Angelo C. Araujo Orrico, Manoel G. de Mendonça Neto</i>	341
--	-----

## Sesion 5c: Modelado y Mejora de Procesos

Un método de Evaluación Ágil del Proceso Software: Agile SPI - Process Assessment Method <i>Julio Ariel Hurtado, César Pardo, Luis Fernández, Juan Carlos Vidal</i>	349
MUM - Proceso de Desarrollo de Software Modularizado, Unificado y Medible <i>Beatriz Pérez, Lucía Pedrana, Marcelo Bellini</i>	359
Enfoque de Metamodelado y Multiformalismo Aplicado al Proceso Software usando ATOM3 <i>Mabel del V. Sosa, Silvia T. Acuña, Juan de Lara</i>	367
<i>O Papel do CMMI na Configuração de um Meta-Processo de Produção de Software com Características Fabris: Um Estudo de Caso</i> <i>José Augusto Fabri, André Luiz Presende Trindade, Márcio Silveira, Marcelo S. de Paula Pessoa</i>	375

## Sesión 6a: Modelos de Calidad

Utilización de un Método ad hoc para el Mejoramiento de Procesos con MoProSoft <i>Verónica Martínez, Yessica Gómez, Hanna Oktaba, Angélica Urrutia, Rodolfo Villarroel</i>	385
Perfil UML 2.0 para Aplicaciones de Monitoreo Ambiental <i>Adriana B. Urciuolo, Rodolfo J. Iturraspe, Ezequiel Moyano</i>	393
Una Abstracción Posible del Toyotismo Subtensa en un Modelo Concurrente de Ciclo de Vida de Software <i>Alejandro Estayno, Marcelo Estayno, Alicia Mon</i>	403

## Sesión 6b: Aplicaciones Industriales y Cómputo Móvil

Aplicación de la Tecnología Bluetooth Orientada a la Integración de Servicios de Internet en Dispositivos Móviles <i>Juan Guillermo Torres Hurtado, Álvaro Bernal Noreña</i>	411
Modelo Multiagente en Sistemas de Misión Crítica Aplicado al Control de Tráfico Aéreo Bajo el Concepto de Free Flight <i>Victor Battista, Jorge Ierache, Paola Britos, Darío Rodríguez, Ramón García-Martínez</i>	419
El Problema Cinemático en Manipuladores Robóticos Industriales un Abordaje de Solución mediante Redes Neuronales Artificiales <i>Alejandro Hossian, Enrique Sierra, Enrique Fernández, Paola Britos, Ramón García-Martínez</i>	427

## Sesión 6c: Educación en Ing. de Software e Ing. del Conocimiento, Informática Educativa

Estudio, Implantación y Resultados de la Adaptación Espacio Europeo de Educación Superior en las Asignaturas de Programación de la Titulación de Informática de la Universidad de Málaga <i>Jose Luis Pastrana, Maria Victoria Belmonte, Carlos Cotta, Antonio Fernández, Enrique Soler, Maria Inmaculada Yague</i>	435
Ontologías en el Desarrollo de Entornos Virtuales para Entrenamiento <i>Raúl A. Aguilar, Angélica de Antonio, Fidel Rojas-Toledo</i>	445

## Sesión 6d: Mejora de Procesos

Experiencia en Team Software Process (TSP) y Mejoras de Estimación, Calidad y Productividad de los Equipos en la Gestión del Software 451  
*Gonzalo Cuevas, José Calvo Manzano, Tomas San Felu, Sussy Bayona*

Aprendizaje por Refuerzos en Problemas de Planeamiento con Restricciones 459  
*Pedro E. Colla, Ernesto Martínez*

## Tutoriales

Uso de Esquemas Preconceptuales para la Generación Automática de Diagramas de Clases, Comunicación y Máquina de Estados 469  
*Carlos Mario Zapata J.*

Como Organizar um Processo Fabril de Produção de Software 473  
*José Augusto Fabri, Marcelo S. de Paula Pessoa*

El Uso de la Incertidumbre como Herramienta en la Ingeniería de Software 477  
*Nelson Medinilla Martínez*

Aplicación de Técnicas de Aprendizaje Cooperativo en la Enseñanza del Desarrollo de Software 481  
*Pedro Campos, Luis Alberto Flores, José Antonio Pow-Sang, Claudia Zapata*

# Experimento Exploratorio para la Validación de Medidas para Modelos de Procesos de Negocio

Elvira Rolón<sup>(1)</sup>, Félix García<sup>(2)</sup>, Francisco Ruiz<sup>(2)</sup>, Mario Piattini<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>*Facultad de Ingeniería Arturo Narro Siller  
Universidad Autónoma de Tamaulipas  
Centro Universitario Tampico-Madero, 89336, México  
erolon@proyectos.inf-cr.uclm.es*

<sup>(2)</sup>*Departamento de Tecnologías y Sistemas de Información  
Centro Mixto de Investigación y Desarrollo de Software UCLM-Soluziona  
Universidad de Castilla-La Mancha, Paseo de la Universidad 4,  
13071, Ciudad Real, España.  
{felix.garcia, francisco.ruizg, mario.piattini}@uclm.es*

## Resumen

*En un entorno empresarial de mejora continua, los procesos de negocio requieren de frecuentes cambios en los que se ven afectadas todas las etapas del ciclo de vida del proceso, principalmente la etapa de modelado ó diseño. Esta etapa toma especial importancia al ser la base para que los procesos posteriormente puedan ser entendidos y llevados a cabo.*

*De cara a promover la mejora de los modelos de procesos de negocio, en este trabajo se presenta un conjunto de medidas para evaluar la complejidad estructural de modelos conceptuales de procesos de negocio. El objetivo es obtener indicadores útiles a la hora de llevar a cabo las labores de mantenimiento de los modelos, así como facilitar la evaluación temprana de ciertas propiedades de calidad del modelo. Para ello, se ha realizado la validación de las medidas propuestas mediante un estudio empírico. Con este estudio fue posible conocer el conjunto de medidas útiles para evaluar la usabilidad y la mantenibilidad de modelos conceptuales de procesos de negocio.*

## 1. Introducción

El modelado de procesos de negocio es uno de los primeros pasos en el logro de las metas de las organizaciones, y sus objetivos, desde el punto de vista empresarial, recaen en diversos aspectos de los cuales destacan dos categorías [1]: a) Mejorar el entendimiento de una situación y comunicarla entre los

diversos *stakeholders* y, b) Utilizarlos como una herramienta para alcanzar las metas de un proyecto de proceso de desarrollo. Además, desde el punto de vista de sistemas, se considera que el modelado de procesos de negocio debe ser una parte esencial de cualquier proyecto de desarrollo software, que permita al analista capturar el esquema y los procedimientos generales que rigen al negocio [2].

Adicionalmente a los claros objetivos existentes desde ambos puntos de vista (empresarial y de sistemas), aparecen otros aspectos no menos importantes que los modelos de procesos de negocio deben cubrir. De igual forma que en el área de la ingeniería del software es importante la etapa de mantenimiento de los procesos, nosotros consideramos que esa importancia es equivalente para el caso de los modelos de procesos de negocio.

En la última década, las empresas se han visto envueltas en entornos de competitividad y en constante cambio tanto interno como externo, por lo que con frecuencia es necesario efectuar actualizaciones o modificaciones en sus procesos. Este movimiento de las organizaciones hacia una mejora continua, es lo que se conoce como la iniciativa BPR (*Business Process Re-engineering*), propuesta por Hammer y Champy en los 90's [3].

Actualmente, mediante la iniciativa en auge de los últimos años que es la Gestión de Procesos de Negocio (*BPM, Business Process Management*), se abarcan todas las fases del ciclo de vida del proceso, haciendo converger la teoría de la gestión con las nuevas tecnologías [4].

Nuestro interés se centra en la fase de diseño del proceso, mediante la cual se facilita la visualización de las tareas que se llevan a cabo dentro de la organización. Esta fase se refiere al modelado, manipulación y rediseño de los procesos, pero cuando es necesario efectuar tareas de mantenimiento puede llegar a ser una etapa complicada que implica inversión de tiempo y recursos, ya que involucra tanto a desarrolladores técnicos como a analistas de negocios.

Teniendo en cuenta estos factores, nuestro trabajo se enfoca en la evaluación de la complejidad estructural de los modelos de procesos de negocio en un nivel conceptual. Con esto se pretende dar soporte a la gestión de los procesos de negocio facilitando la evaluación temprana de ciertas propiedades de calidad de los modelos. Además, esto facilitaría la evolución de los modelos de procesos de negocio al proporcionar información subjetiva acerca de su mantenibilidad, principalmente en aquellas organizaciones inmersas en una mejora continua.

El punto de partida para este estudio ha sido la definición de medidas para modelos de procesos de negocio expresados con la notación estándar BPMN (*Business Process Modeling Notation*) [5]. Para validar las medidas propuestas, actualmente se está llevando a cabo una familia de experimentos con una población integrada por expertos en análisis de negocios y en ingeniería del software. Esto nos permitirá comparar los resultados de ambos tipos de perfiles.

El artículo contiene los siguientes apartados: en la sección 2 se hace un resumen de los trabajos relacionados con la evaluación y medición de los procesos de negocio. En la sección 3 se presentan las medidas que hemos definido y a continuación en la sección 4 se describen diversos aspectos del primer experimento que se ha llevado a cabo. En la sección 5 se muestra en análisis de los resultados obtenidos a partir de los datos recopilados en dicho experimento. Finalmente en la sección 6, se plantean las conclusiones y el trabajo por realizar a futuro.

## 2. Trabajos relacionados

Poco se puede encontrar en la literatura relacionada con la medición y evaluación de los procesos de negocio (PN), al menos en un nivel conceptual como es nuestro tema de estudio. La mayoría de la investigación en este campo se ha centrado en otros aspectos tales como la evaluación de los resultados obtenidos, los tiempos de ejecución, los costos del proceso, etc., es decir el análisis se hace a nivel de la ejecución del proceso.

La medición y control de los PN son temas que han sido abarcados en estudios como el de Powell et al. [6]

en el que pretenden identificar mecanismos de control para PN que son efectivos en diferentes tipos de entornos. Por su parte, Tjaden [7], define tres métricas para evaluar la efectividad estructural de los PN a las cuales llamó de complejidad, integración y dinamismo; basándose en la idea de que para ser capaces de predecir la actuación antes de que un nuevo proceso sea implementado la gerencia necesita métricas estructurales que analicen propiedades más estáticas de los procesos de negocio.

Otra propuesta es presentada por Vitolins [8], en donde propone una nueva metodología para definir medidas de PN en base a un metamodelo de medición de procesos de negocio. En [9] se presenta una recopilación de métricas de complejidad de modelos de PN encontradas en la literatura, las cuales fueron comparadas a un conjunto de criterios.

Otras líneas se enfocan a la evaluación de la calidad de las diversas técnicas utilizadas para el modelado de PN, como en [10, 11] donde se propone un marco para su descripción y evaluación, el cual dividen en dos partes: en la manera de modelar y en la manera de trabajar de una técnica de modelado. El objetivo del estudio era el de proporcionar un conjunto de propiedades bien definidas, así como de una serie de procedimientos para hacer una medición objetiva de las mismas.

Un trabajo reciente sobre medidas de complejidad para modelos de PN, es el presentado por Gruhn y Laue [12], en donde discuten cómo las ideas conocidas en la investigación acerca de la complejidad del software, pueden ser usadas para analizar la complejidad de los modelos de procesos de negocio. En base a la idea de que al medir el peso cognitivo del modelo de proceso de negocio (MPN), se puede obtener información acerca de la facilidad o dificultad de comprenderlo, asignando un peso cognitivo a los elementos del MPN, para posteriormente definir el peso cognitivo del modelo en su totalidad.

## 3. Medidas para modelos de procesos de negocio

Para evaluar la complejidad de los modelos de procesos de negocio, en el trabajo aquí presentado se ha definido un conjunto representativo de medidas.

Las medidas han sido definidas siguiendo la terminología de la notación BPMN 2.0 [5], por ser la notación estándar más reciente específica para el modelado de procesos de negocio. BPMN proporciona una notación gráfica para expresar procesos de negocio mediante un Diagrama de Procesos de Negocio (DPN) que está compuesto de dos categorías básicas de elementos con los cuales es posible desarrollar desde



## 4. Primer experimento

En base al trabajo realizado por Canfora et al. [16] y con el objetivo de establecer qué medidas son útiles para evaluar la entendibilidad y mantenibilidad de los MPNs, se ha iniciado el desarrollo de una familia de experimentos, que además nos permitirá evaluar aspectos de calidad de modelos conceptuales de procesos de negocio expresados con BPMN.

Ante la cantidad de medidas propuestas y con el fin de seleccionar un conjunto representativo de ellas, se ha efectuado la validación empírica de las medidas. Inicialmente se realizó un análisis de correlación de los valores de las medidas con respecto a los tiempos de respuesta y al número de aciertos de los resultados obtenidos a partir de un primer experimento, el cual se llevó a cabo siguiendo las sugerencias de Perry et al. [17], Wholin et al. [18], Juristo y Moreno [19], Ciolkowski et al. [20] y Briand et al. [21].

### 4.1. Objetivos de la investigación

Usando la plantilla GQM (Goal Question Metric) [22], el objetivo del experimento se define como: *Analizar* medidas de complejidad estructural para modelos de proceso de negocio *con el propósito de* evaluarlas en relación a la capacidad de ser usadas como indicadores de la entendibilidad y la modificabilidad de dichos modelos, *desde el punto de vista de* los investigadores *en el contexto de* estudiantes, becarios de investigación y profesores de ingeniería en informática.

## 4.2. Participantes

El grupo de participantes estuvo formado por 27 sujetos entre estudiantes de doctorado, becarios de investigación y profesores de la Escuela Superior de Informática de la Universidad de Castilla-La Mancha en España.

Los sujetos fueron elegidos por conveniencia y todos contaban con amplios conocimientos sobre el modelado del producto (UML, bases de datos, etc.), pero no tenían conocimientos previos acerca del modelado conceptual de procesos de negocio, por lo que se les impartió una sesión de preparación previa a la realización del experimento en la que se les explicó la notación estándar para el modelado de procesos de negocio BPMN. Sin embargo, a pesar de la sesión de entrenamiento, los sujetos no fueron concientes de los aspectos que intentábamos estudiar.

### 4.3. Material

El material experimental estuvo compuesto por diez modelos de procesos de negocio expresados con BPMN con diferentes dimensiones y características estructurales entre sí, por lo que presentaban distintos grados de complejidad, obtenidos variando el valor de las medidas en cada modelo, tal como se puede apreciar en la Tablas 2 y 3. La intención al elegir modelos de dimensiones distintas, es la de determinar la influencia de la complejidad del modelo para diferentes usuarios como pueden ser los analistas de negocios y los ingenieros de software, en quienes particularmente esta enfocado el objetivo de nuestro estudio.

Tabla 2. Valores de las medidas base

MPN	VALORES MEDIDAS BASE																						
	NSNE	NSMsE	NITE	NIMsE	NICoE	NENE	NEMsE	NECoE	NT	NTL	NCS	NEDDB	NEDEB	NPF	NSFA	NSFE	NSFG	NSFL	NMF	NP	NL	NDOIn	NDOOut
1	2					2			9			1			6	2	2		2	2		1	2
2	2					2			6			1			2	2	2		3	2		2	0
3	2					4			10			1			4	2	6	1	5	2		3	3
4	1					1			5		2	2	2		1	1	8		2	2		0	2
5	3				2		1	2	9		2	3		1	7	3	7		1	2		14	8
6	1	1			1	3	1	1	9			3			0	9	6		12	5		1	1
7	1	1	1	1	2	6	1	1	15	2	3	3	1		7	6	11	1	3	3		0	2
8	3					3			20			1			16	3	2	0		3		2	2
9	3					4			27			1			20	3	2	0	12	3	2	2	2
10	3					9			32			3	3		15	3	14	2	16	3		2	3

Tabla 3. Valores de las medidas derivadas

MPN	VALORES MEDIDAS DERIVADAS														
	TNSE	TNIE	TNEE	TNE	TNT	TNCS	TNA	TNG	TNDO	CLA	CLP	PDOPIn	PDOPOut	PDOTOut	PLT
1	2	0	2	4	9	0	9	1	3	1,5000	1,0000	0,3333	0,6667	0,2222	0,0000
2	2	0	2	4	6	0	6	1	2	3,0000	1,5000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	2	0	4	6	10	0	10	1	6	2,5000	2,5000	0,5000	0,5000	0,3000	0,0000
4	1	0	1	2	5	2	7	4	2	7,0000	1,0000	0,0000	1,0000	0,4000	0,0000
5	3	2	3	8	9	2	11	4	22	1,5714	0,5000	0,6364	0,3636	0,8889	0,0000
6	2	4	3	9	9	0	9	3	2	0,0000	2,4000	0,5000	0,5000	0,1111	0,0000
7	2	4	8	14	17	3	20	4	2	2,8571	1,0000	0,0000	1,0000	0,1176	0,0000
8	3	0	3	6	20	0	20	1	4	1,2500	0,0000	0,5000	0,5000	0,1000	0,0000
9	3	0	4	7	27	0	27	1	4	1,3500	4,0000	0,5000	0,5000	0,0741	0,0741
10	3	0	9	12	32	0	32	6	5	2,1333	5,3333	0,4000	0,6000	0,0938	0,0000



Para cada modelo se elaboraron dos cuestionarios: en el primero de ellos se pidió responder a una serie de preguntas relacionadas a la entendibilidad del modelo, y en el segundo se propuso una serie de modificaciones a realizar en el modelo. Además, al final de cada cuestionario se incluyó una pregunta, para que los sujetos evaluaran de forma subjetiva la complejidad de los modelos presentados. El material también incluía un ejemplo resuelto en el cual se indicaba la forma en que debían realizarse los ejercicios. Un ejemplo del material experimental se muestra en el Apéndice A.

#### 4.4. Diseño experimental

Se realizó un diseño intra-sujetos, en el que todos los sujetos tenían que contestar a todos los test. Los diez modelos de procesos de negocio que se entregaron a cada sujeto fueron dados en diferente orden. Al repartir el material ya descrito a los sujetos, se hizo una breve explicación de cómo rellenar los test, indicándoles que no había límite de tiempo para la realización de los mismos y que en caso de duda podían preguntar al responsable de la organización del experimento.

Una visión general del diseño del experimento se puede observar en la Figura 2.

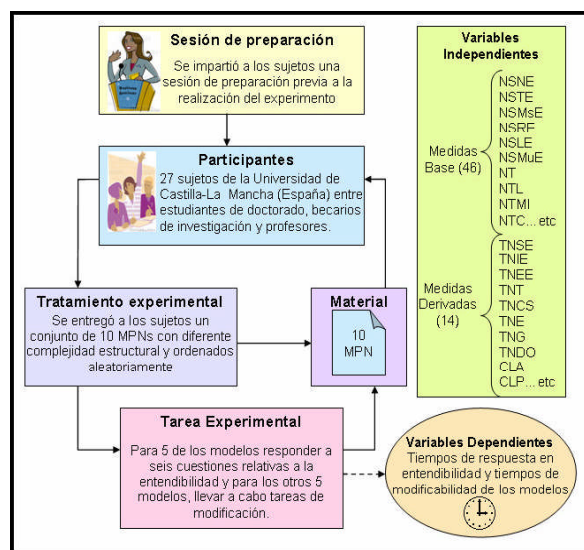


Figura 2. Diseño Experimental

Además de la sesión introductoria en el modelado de procesos de negocio con BPMN, junto con el material experimental, se les hizo entrega a los sujetos de una guía explicativa de la notación BPMN y dos ejercicios resueltos para cada uno de los dos cuestionarios que comprendía el experimento.

#### 4.5. Tarea experimental

Cada sujeto recibió un material compuesto por diez MPNs, cinco de ellos con el cuestionario referente a la entendibilidad del modelo y los otros cinco con los ejercicios de modificabilidad. Para cada cuestionario los sujetos tuvieron que hacer una de las siguientes tareas: responder “sí” ó “no” a las seis cuestiones relativas a la entendibilidad del modelo, y llevar a cabo cinco modificaciones consistentes en adicionar y/o eliminar tareas, objetos de datos, roles o dependencias entre elementos.

Las tareas a desarrollar en cada aspecto a evaluar (entendibilidad y modificabilidad) fueron similares en cuanto al grado de complejidad, siendo este un aspecto fundamental que se tuvo en cuenta en la preparación del material. Por esta razón, se consideró que la única variación en el esfuerzo para realizar las tareas solicitadas, debía ser la complejidad de cada modelo.

Antes de iniciar las tareas solicitadas en cada cuestionario, se pidió a los sujetos que escribieran la hora de inicio, y al término de la realización de las tareas solicitadas también se les pidió escribieran la hora de finalización. Por último, se les pidió a los sujetos que hicieran una valoración subjetiva de la complejidad total del modelo de acuerdo a su opinión, para lo cual se les presentó una escala compuesta de cinco niveles lingüísticos (desde 1 = Muy simple hasta 5 = Muy complejo). Se seleccionaron cinco etiquetas lingüísticas porque consideramos que eran suficientes para cubrir todas las categorías posibles para cada subcaracterística a evaluar, siguiendo además las recomendaciones de Godo et al. [23] y de Bonissone [24] a la hora de seleccionar un número impar de etiquetas.

#### 4.6. Variables

Las variables independientes se refieren a la complejidad estructural de los MPNs, es decir están relacionadas con las medidas base y las medidas derivadas. Las variables dependientes son las relativas a las dos subcaracterísticas de calidad: la entendibilidad y la modificabilidad de los MPNs, las cuales fueron medidas a través de los tiempos de respuesta empleados por los sujetos para llevar a cabo las tareas requeridas, así como de los aciertos a las cuestiones relacionadas a las tareas de entendimiento y de los aciertos en las tareas de modificación.

#### 4.7. Hipótesis

Las hipótesis planteadas acorde al objetivo de nuestra investigación son las siguientes:

Hipótesis nula,  $H_{0u}$ : No hay una correlación significativa entre las medidas de complejidad estructural y el tiempo de entendibilidad.

Hipótesis alternativa,  $H_{1u}$ : Hay una correlación significativa entre las medidas de complejidad estructural y el tiempo de entendibilidad.

Hipótesis nula  $H_{0m}$ : No hay una correlación significativa entre las medidas de complejidad estructural y el tiempo de modificabilidad.

Hipótesis alternativa,  $H_{1m}$ : Hay una correlación significativa entre las medidas de complejidad estructural y el tiempo de modificabilidad.

## 5. Análisis de resultados del primer experimento

Para la validación de los datos, una vez que éstos fueron recogidos de las hojas de respuestas, se controló que estuvieran completas y se revisaron los aciertos en las respuestas así como los tiempos empleados para la realización de cada ejercicio.

Al efectuar el análisis e interpretación de los datos recogidos, intentamos comprobar las hipótesis formuladas en el apartado 4.7 para lo cual, inicialmente se realizó un resumen con tales datos. Este resumen está compuesto por los valores de las medidas para cada modelo de proceso de negocio (visto en tablas 2 y 3), por las medianas de las puntuaciones dadas por los sujetos a las dos subcaracterísticas analizadas, así como por la media del tiempo de entendibilidad y modificabilidad en cada modelo (Tabla 4).

Tabla 4. Promedios y Desviación Estándar para los tiempos de entendibilidad y modificabilidad

MPN	Tiempo de Entendibilidad		Tiempo de Modificabilidad	
	Media	Des. Est.	Media	Des. Est.
1	121	43	327	172
2	166	42	401	193
3	185	53	291	106
4	149	57	306	127
5	280	80	375	160
6	279	130	345	143
7	221	75	416	102
8	211	83	305	77
9	187	58	392	106
10	238	98	319	107

Como se puede ver en la Tabla 4, los modelos 5, 6 y 10 fueron los más difíciles de entender por los sujetos, mientras que los modelos 2, 7 y 9 resultaron con mayor complejidad a la hora de llevar a cabo tareas de mantenimiento, en este caso al efectuar las modificaciones solicitadas. Al analizar los valores de

las desviaciones estándar, se puede ver que hay una variación, ya que los modelos 6, 8 y 10 presentan una desviación estándar más alta para el caso de la entendibilidad, mientras que los modelos 1, 2 y 5 son los que presentan mayor desviación estándar para las tareas de modificabilidad.

Al analizar estos resultados y considerando también los valores de las medidas presentadas en las Tablas 2 y 3, los modelos 7, 9 y 10 parecen ser los modelos con más alta complejidad estructural lo cual proporciona alguna evidencia acerca de la influencia de la complejidad estructural de los modelos de procesos de negocio en su mantenibilidad.

En cuanto al resultado de la valoración subjetiva que se pidió a los sujetos que hicieran acerca de la complejidad de los modelos presentados, estos se resumen en la Tabla 5.

Al analizar la mediana de los datos obtenidos en la valoración subjetiva para cada uno de los modelos, se puede ver que los sujetos consideraron que de acuerdo a la escala utilizada, en el caso de la entendibilidad consideran que casi todos los modelos son de complejidad normal, excepto los modelos 2, 3 y 4 que fueron calificados como de complejidad algo simple.

Tabla 5. Valoración subjetiva de la complejidad de los modelos

MPN	Val. Entend.	Val. Modif.
1	3,00	3,00
2	2,00	2,00
3	2,00	3,00
4	2,00	2,00
5	3,00	3,00
6	3,00	3,00
7	3,00	4,00
8	3,00	3,00
9	3,00	3,00
10	3,00	3,50

En el caso de la valoración subjetiva de los modelos en los que debieron hacer tareas de modificación, los modelos 7 y 10 resultaron con la mayor evaluación de complejidad, siendo considerados como “algo complejos”. El resto de los modelos fueron valorados de complejidad “algo simple” y “normal”

Al comparar estos resultados con los tiempos relacionados a las tareas de entendibilidad y modificabilidad, existe una coincidencia en los modelos 7 y 10, los cuales aparecen como algunos de los modelos que presentan mayor complejidad.

Adicionalmente, a partir del resumen de los promedios en los tiempos de entendibilidad y de modificabilidad, así como el resumen de los valores de las medidas fue posible realizar un análisis estadístico. Para comprobar si la distribución de los datos obtenidos era normal, se aplicó el test de Kolmogorov-

Smirnov. Como resultado de ello se obtuvo que la distribución era no normal, por lo que se decidió utilizar un test estadístico no paramétrico como el coeficiente de correlación de Spearman con un nivel de significación  $\alpha = 0.05$  lo cual indica la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando es cierta (error de tipo I), es decir, el nivel de confianza es del 95%. Usando el coeficiente de correlación de Spearman cada una de las medidas fue correlacionada separadamente con los tiempos de entendibilidad y modificabilidad. En la Tabla 6 se muestran los resultados del análisis de correlación para los tiempos de entendibilidad, tiempos de modificabilidad, los aciertos en las tareas de entendibilidad y modificabilidad, así como de la valoración subjetiva de los modelos en ambos ejercicios.

Tabla 6. Resultados del análisis de correlación de Spearman

Medida	TEnt	TMod	AEnt	AMod	VEnt	VMod
NIMsE	.742(*) 0,014	0,472 0,168	-0,35 0,321	-0,373 0,288	0,423 0,224	0,343 0,332
NENE	0,049 0,892	0,025 0,946	0,491 0,15	-0,242 0,5	0,193 0,592	.691(*) 0,027
NEMsE	.742(*) 0,014	0,472 0,168	-0,35 0,321	-0,373 0,288	0,423 0,224	0,343 0,332
NT	0,387 0,27	-0,067 0,853	.636(*) 0,048	-0,562 0,091	0,577 0,081	.756(*) 0,011
NEDDB	.744(*) 0,014	0,268 0,454	-0,216 0,549	-0,374 0,287	0,378 0,282	0,485 0,155
NSFA	0,231 0,521	0,073 0,841	.737(*) 0,015	-0,431 0,213	0,572 0,084	0,512 0,13
NSFE	.824(**) 0,003	0,405 0,245	0,252 0,483	-0,484 0,156	.754(*) 0,012	.677(*) 0,031
NSFL	0,225 0,532	-0,135 0,71	-0,023 0,951	-0,384 0,273	0 1	.699(*) 0,025
NDOIn	0,315 0,376	-0,201 0,577	0,06 0,869	-.687(*) 0,028	-0,039 0,914	-0,036 0,922
NDOOut	0,331 0,35	-0,376 0,284	-0,15 0,679	-.708(*) 0,022	0,163 0,653	0,415 0,234
TNSE	0,563 0,09	0,04 0,912	.657(*) 0,039	-.728(*) 0,017	0,63 0,051	0,421 0,226
TNIE	.682(*) 0,03	0,502 0,139	-0,328 0,355	-0,23 0,523	0,423 0,224	0,419 0,228
TNEE	0,556 0,095	0,099 0,786	0,304 0,393	-0,609 0,062	0,426 0,22	.859(**) 0,001
TNE	.835(**) 0,003	0,366 0,298	0,196 0,587	-0,607 0,063	.650(*) 0,042	.862(**) 0,001
TNT	0,387 0,27	-0,067 0,853	.636(*) 0,048	-0,562 0,091	0,577 0,081	.756(*) 0,011
TNA	0,512 0,13	0 1	0,571 0,085	-0,626 0,053	.650(*) 0,042	.783(**) 0,007
TNDO	0,332 0,348	-0,395 0,258	0,069 0,849	-.805(**) 0,005	0,197 0,586	0,273 0,445
CLA	-0,406 0,244	0,103 0,777	-0,366 0,298	0,433 0,211	-.722(*) 0,018	-0,26 0,467
PDOTOut	0,03 0,934	-0,333 0,347	-.768(**) 0,009	-0,152 0,674	-0,114 0,754	-0,034 0,925

Como se puede apreciar en la Tabla 6, existe una correlación (rechazando la hipótesis  $H_{0a}$ ) entre los tiempos de entendibilidad y las medidas NIMsE, NEMsE, NEDDB, NSFE, TNIE Y TNE. Sin embargo respecto al tiempo empleado por los sujetos en la

modificabilidad de los diagramas, el análisis de correlación no arrojó ningún resultado (aceptando la hipótesis  $H_{0m}$ ), por lo que ninguna medida tiene correlación con dicha variable. Considerando que no existe ninguna correlación de las medidas definidas con respecto a los tiempos de modificabilidad, en futuros experimentos este aspecto será tomado en cuenta a la hora de refinar el material experimental.

En relación a los aciertos en las tareas de entendibilidad y modificabilidad, existe una correlación entre los aciertos de entendibilidad y las medidas NT, NSFA, TNSE, TNT y PDOTOut. Así mismo, existe una correlación entre los aciertos en los ejercicios de modificación de los modelos y las medidas NDOIn, NDOOut, TNSE y TNDO.

Finalmente, en cuanto a las valoraciones subjetivas que los sujetos hicieron de los modelos, existe una correlación entre la entendibilidad y las medidas NSFE, TNE, TNA y CLA, y una correlación entre la modificabilidad y las medidas NENE, NT, NSFE, NSFL, TNEE, TNE, TNT y TNA. De este análisis se puede resumir que las medidas que presentan dos o mas correlaciones con las variables analizadas son las medidas: NT, NSFE, TNSE, TNE, TNT y TNA.

## 5.1. Amenazas de la validez

Los principales problemas que amenazaron la validez del estudio empírico fueron:

- **Validez Interna.** Como parte del experimento, se controlaron las siguientes variables:
  - *Características de los participantes.* El uso de un diseño intra-sujetos minimizó el posible riesgo de diferencias entre los sujetos.
  - *Complejidad de las tareas.* Las tareas experimentales fueron equivalentes en complejidad para cada grupo de modelos experimentales (entendibilidad y mantenibilidad).
  - *Instrumentación.* Se usaron las mismas técnicas de medición para las variables dependientes e independientes para todos los participantes. El riesgo de error en la medición fue reducido por el cálculo automático de todos los valores.
  - *Capacitación.* A todos los participantes les fue impartida una sesión de preparación previa y recibieron los conocimientos necesarios para llevar a cabo adecuadamente el experimento.
  - *Efectos de aprendizaje.* Los modelos experimentales fueron entregados a los sujetos en un orden aleatorio y solo un tipo de tarea (entendibilidad ó modificabilidad) fue requerida en cada modelo para minimizar los efectos de aprendizaje y secuencia.

- *Control del entorno.* Este hecho no afectó la validez interna ya que el experimento se llevó a cabo bajo condiciones controladas en el que los participantes fueron supervisados por los encargados de experimento.
- *Efectos de fatiga.* El tiempo promedio de la duración del experimento fue de 40 minutos por lo que se evitaron los efectos de fatiga.
- *Error en la medición.* Otra amenaza a la validez interna es el hecho de que los sujetos eran responsables de registrar los tiempos empleados en la realización de las tareas. Esto incrementa el riesgo de error en la medición para la variable dependiente, ya que los sujetos podían quizás haber registrado los tiempos de forma incorrecta. El diseño intra-sujetos ayudó a minimizar esta amenaza porque el posible error de medición podría distribuirse aleatoriamente a través de los niveles de la variable independiente. Además, un reloj digital fue proyectado en la pizarra durante la ejecución del experimento para facilitar a los participantes anotar tiempos exactos.
- **Validez externa.** Se identificaron tres posibles amenazas a la validez externa del estudio empírico:
  - *Los modelos experimentales.* En este primer experimento se utilizaron algunos modelos de procesos de negocio encontrados en la literatura y otros representativos de casos reales, pero para futuros estudios empíricos se deben utilizar modelos de procesos de negocio reales.
  - *Las tareas experimentales.* Los tipos de tareas a realizar en los modelos fueron diseñados para lograr los objetivos de la investigación, pero estas deberían ser adaptadas a situaciones reales en la práctica.
  - *Población muestral.* Una clara amenaza a la generalidad de los resultados de este estudio fue el tipo de sujetos experimentales. La población seleccionada para este experimento fueron estudiantes de doctorado y profesores, lo cual reduce la posibilidad de generalizar los resultados en la práctica. De cualquier forma, esta amenaza se espera reducir en un futuro, al realizar nuevos estudios empíricos con una población formada por gente del ámbito empresarial.

## 6. Conclusiones y trabajo futuro

Resulta interesante analizar la complejidad estructural de los modelos de procesos de negocio como un punto de partida para su evaluación, así como para llevar a cabo las tareas de mantenimiento. El diseño, evaluación y mantenimiento de los modelos de procesos de negocio abarca diferentes ámbitos, de ahí

que este sea un tema que ha generado interés no solo por parte de la gente del mundo de los negocios, sino también por parte de la gente del área de ingeniería del software.

En este trabajo, se ha presentado un conjunto de medidas que han sido definidas en base a la notación estándar BPMN con el objetivo de analizar y evaluar la complejidad estructural de los modelos de proceso de negocio en un nivel conceptual. Así mismo, se pretende analizar atributos de la calidad del modelo tales como la usabilidad y la mantenibilidad, con lo cual se estaría proporcionando el soporte necesario a la hora de llevar a cabo las tareas de mantenimiento de los modelos de proceso de negocio.

Además, se han presentado los resultados de un primer experimento realizado con estudiantes de doctorado, becarios y profesores de la Escuela de Informática de la Universidad de Castilla-La Mancha. Con este primer estudio empírico fue posible saber que, del total de medidas definidas, seis de ellas tienen correlación con los tiempos de entendibilidad, ocho medidas tienen correlación con los aciertos de entendibilidad y modificabilidad, y 9 medidas tienen correlación con la valoración subjetiva acerca de la complejidad de los modelos.

De igual forma fue posible conocer que de las medidas definidas, ninguna de ellas tiene correlación con los tiempos de modificabilidad de los modelos, por lo que para nuevos experimentos será necesario refinar el material experimental de forma que nos pueda proporcionar información relacionada a dicha variable.

En cuanto al trabajo por realizar se tienen contemplados los siguientes aspectos:

- Para poder confirmar los resultados de este primer experimento se realizará una réplica en la Universidad Autónoma de Tamaulipas (México) con estudiantes de la Maestría en Sistemas de Información, que se imparte en la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Ingeniería Arturo Narro Siller.
- En la realización de nuevos experimentos, se pretende analizar dos subcaracterísticas más de la calidad del modelo como son la analizabilidad y la facilidad de aprendizaje, las cuales están relacionadas a la usabilidad y a la mantenibilidad del modelo, respectivamente.
- En el contexto de la familia de experimentos se tiene previsto realizar un nuevo diseño experimental con el fin de confirmar si las medidas no validadas en este primer experimento pueden ser útiles para evaluar la usabilidad y mantenibilidad de los MPNs, o son candidatas a ser descartadas. Para ello se llevará a cabo un nuevo experimento con estudiantes del Master Universitario en Tecnología

del Software, en la Universidad del Sannio (Benevento, Italia).

- Adicionalmente, se está contemplando el desarrollo de los modelos de procesos de negocio de una empresa del sector salud, lo que nos permitirá en estudios futuros, utilizar modelos experimentales de casos reales.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por los proyectos ENIGMAS (Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Consejería de Educación y Ciencia, referencia PBI-05-058), ESFINGE subvencionado por el Ministerio de Educación y Ciencia (Dirección General de Investigación)/Fondos Europeos de Desarrollo Regional (FEDER), referencia TIN2006-15175-C05-05 y COMPETISOFT (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, referencia 506PI0287).

## Referencias

- [1] Multamäki, M., "Objective-driven planning of business process modeling", in Department of Industrial Engineering and Management. Helsinki University of Technology. 2002.
- [2] Sparks, G., An Introduction to UML. The Business Process Model. Sparx Systems, [www.aparxsystems.com.au](http://www.aparxsystems.com.au)
- [3] Hammer, M. y Champy, J., "Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution". London: Nicholas Brealey. 1994
- [4] Smith, H. y Fingar, P., "Business Process Management: The Third Wave". USA: Meghan-Kiffer Press. ISBN: 0-929652-33-9. 2003
- [5] OMG, "Business Process Modeling Notation", Specification. Object Management Group, February, 2006. <http://www.bpmn.org/Documents/OMG%20Final%20Adopted%20BPMN%201-0%20Spec%2006-02-01.pdf>
- [6] Powell, S.G., Schwanger, M. y Trimble, C., "Measurement and Control of Business Processes". Systems Dynamics Review, 17 (1), pp 63-91. 2001
- [7] Tjaden, G.S., "Business Process Structural Analysis", Georgia Tech Center for Enterprise Systems, October, 1999. [www.ces.gatech.edu/research.htm](http://www.ces.gatech.edu/research.htm)
- [8] Vitolins, V. "Business Process Measures". In Proceedings of International Conference on BALTIC DB&IS. Riga, Latvia. pp. 186-197, 2004.
- [9] Latva-Koivisto, A.M., "Finding a complexity measure for business process models", Research Report. Systems Analysis Laboratory, Helsinki University of Technology, 2001.

- [10] Hommes, B.-J. y van Reijswoud, V. "The Quality of Business Process Modelling Techniques: The application of a framework for understanding the quality of UML". International Conference on Information Systems Concepts: An Integrated Discipline Emerging (ISCO). Leiden, The Netherlands: Kluwer. pp. 117-136, 1999.
- [11] Hommes, B.-J. y van Reijswoud, V. "Assessing the Quality of Business Process Modelling Techniques". In Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on Systems Sciences (HICSS 2000). Maui, Hawaii, USA: IEEE. pp. 1007-1016, 2000.
- [12] Gruhn, V. y Laue, R. "Complexity Metrics for Business Process Models". In Proceedings of 9th International Conference on Business Information Systems (BIS'06). Klagenfurt, Austria. pp. 1-12, 2006.
- [13] García, F., Ruiz, F., Piattini, M., Canfora, G. y Visaggio, C.A., "Framework for the Modeling and Evaluation of Software Processes". Journal of Systems Architecture. 2006
- [14] Garcia, F., Bertoa, M.F., Calero, C., Vallecillo, A., Ruiz, F., Piattini, M. y Genero, M., "Towards a Consistent Terminology for Software Measurement". Information and Software Technology, 48 (8), pp. 631-644. 2006
- [15] Briand, L., Morasca, S. y Basili, V., "Property-Based Software Engineering Measurement". IEEE Transactions on Software Engineering, 22 (1), pp. 68-86. 1996
- [16] Canfora, G., García, F., Piattini, M., Ruiz, F. y Visaggio, C.A., "A Family of Experiments to Validate Metrics for Software Process Models". Journal of Systems and Software, 77 (2), pp. 113-129. 2005
- [17] Perry, D., Porte, A. y Votta, L., "Empirical Studies of Software Engineering: A Roadmap". Future of Software Engineering, Ed. Anthony Finkelstein. pp. 345-355. 2000
- [18] Wohlin, C., Runeson, P., Höst, M., Ohlson, M., Regnell, B. y Wesslén, A., "Experimentation in Software Engineering: An Introduction." Kluwer Academic Publishers. 2000
- [19] Juristo, N. y Moreno, A., "Basics of Software Engineering Experimentation". Kluwer Academic Pub. 2001
- [20] Gólkowski, M., Shull, F. y Biffl, S. "A Family of Experiments to Investigate the Influence of Context on the Effect of Inspection Techniques". In Proceedings of the 6th International Conference on Empirical Assessment in Software Engineering (EASE). Keele (UK). pp. 48-60, 2002.
- [21] Briand, L., El Emam, K. y Morasca, S., "Theoretical and Empirical Validation of Software Product Measures". International Software Engineering Research Network, Technical Report ISERN-95-03. 1995
- [22] Basili, V. y Rombach, H., "The TAME Project: Towards Improvement-Oriented Software Environments". IEEE Transactions on Software Engineering, 14 (6), 728-738. 1988

[23] Godo, L., López de Mántaras, R., Sierra, C. y Verdaguer, A., "MILORD: The Architecture and Management of Linguistically Expressed Uncertainty". *International Journal of Intelligent Systems*, 4, pp 471-501. 1989

[24] Bonissone, P., "A Fuzzy Sets Based Linguistic Approach: Theory and Applications". *Approximate Reasoning in Decision Analysis*, Gupta & E. Sanchez (Eds), pp. 329-339. 1982

## Apéndice A

Cuestionario del grupo X, correspondiente a las tareas de entendibilidad, Modelo de proceso de negocio 1 (Figura 3)

Tareas a realizar:

Anotar la hora de inicio (indique hh:mm:ss): \_\_\_\_\_

1) Contestar las siguientes preguntas:

- \_\_\_\_\_ 1. ¿Se puede realizar la actividad "Expedir comprobante de pago" si se sigue la opción de "pago en efectivo" en el nodo posterior a la actividad "Cobrar tasas correspondientes"?
- \_\_\_\_\_ 2. ¿El objeto de datos Comprobante de pago es producto de salida de la actividad "Cobrar tasas correspondientes"?
- \_\_\_\_\_ 3. ¿El evento de inicio del proceso del Solicitante es disparador de la actividad "Revisar documentos"?
- \_\_\_\_\_ 4. ¿Cuando se ejecuta la actividad "Expedir comprobante de pago" ya se ha realizado la actividad "Revisar Documentos"?
- \_\_\_\_\_ 5. ¿La actividad "Recibir licencia de conducir" realizada por la entidad Solicitante es comunicada (enviada) a la entidad Oficina de tráfico?
- \_\_\_\_\_ 6. ¿Puede la entidad Oficina de Tráfico realizar la actividad "Recibir licencia de conducir"?

Anotar la hora de finalización (indique hh:mm:ss): \_\_\_\_\_

2) Según su criterio valore la COMPLEJIDAD del Modelo de Proceso de Negocio.

Muy Simple  Algo Simple  Normal  Algo Complejo  Muy Complejo

Cuestionario del grupo Y, correspondiente a las tareas de modificabilidad, Modelo de proceso de negocio 1 (Figura 3).

Tareas a realizar:

Anotar la hora de inicio (indique hh:mm:ss): \_\_\_\_\_

1) Realizar las modificaciones necesarias para satisfacer los siguientes requisitos

1. Se desea incluir una nueva actividad "Requerir licencia vencida" posterior a la actividad "Hacer fotografía y recabar firma", precedente a "Entregar licencia de conducir" y que reciba como entrada el objeto de datos "Licencia vencida".
2. Se debe indicar con el objeto de datos "Nueva Licencia" que es un producto de salida de la actividad "Entregar licencia de conducir".
3. Se desea agregar una nueva entidad denominada "Tesorería" que recibe de la entidad "Oficina de Tráfico" información proveniente de la actividad "Expedir comprobante de pago".
4. Se desea incluir un evento intermedio de tiempo a la actividad "Hacer fotografía y recabar firma" que indique que dicha actividad demora 15 minutos.
5. Se desea incluir una nueva actividad "Pagar tasas" posterior a la actividad "Entregar documentos" y precedente a "Recibir licencia de conducir"

Anotar la hora de finalización (indique hh:mm:ss): \_\_\_\_\_

2) Según su criterio valore la COMPLEJIDAD del Modelo de Proceso de Negocio.

Muy Simple  Algo Simple  Normal  Algo Complejo  Muy Complejo

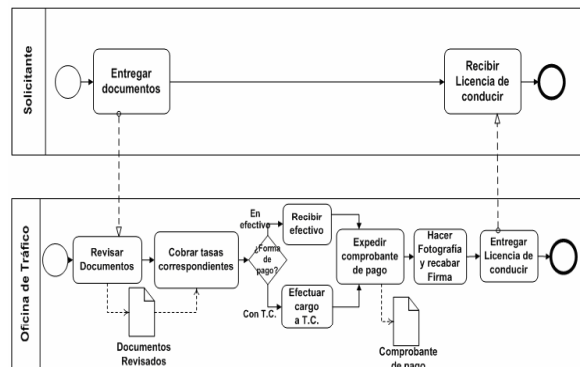


Figura 3. Material experimental: Modelo de proceso de negocio 1