



ISSN: 1646-9895

Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información

M a r ç o 1 6 • M a r z o 1 6



©AISTI 2016 <http://www.aisti.eu>

Nº 17

Edição / Edición

Nº 17, 03/2016

Tiragem / Tirage: 1000

Preço por número / Precio por número: 17,5€

Subscrição anual / Suscripción anual: 30€ (2 números)

ISSN: 1646-9895

Depósito legal:

Indexação / Indexación

Academic Journals Database, CiteFactor, Dialnet, DOAJ, DOI, EBSCO, EI-Compendex, GALE, IndexCopernicus, Index of Information Systems Journals, ISI Web of Knowledge, Latindex, ProQuest, QUALIS, SciELO, SCImago, Scopus, SIS, Ulrich's.

Propriedade e Publicação / Propriedad y Publicación

AISTI – Associação Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação

Rua Quinta do Roseiral 76, 4435-209 Rio Tinto, Portugal

E-mail: aistic@gmail.com

Web: <http://www.aisti.eu/>

Ficha Técnica

Director

Álvaro Rocha, Universidade de Coimbra

Coordenadores da Edição / Coordinadores de la Edición

Jezreel Mejia, Centro de Investigación en Matemática (CIMAT)

Mirna Muñoz, Centro de Investigación en Matemática (CIMAT)

Conselho Editorial / Consejo Editorial

Carlos Ferrás Sexto, Universidad de Santiago de Compostela

Gonçalo Paiva Dias, Universidade de Aveiro

Jose Antonio Calvo-Manzano Villalón, Universidad Politécnica de Madrid

Luís Paulo Reis, Universidade do Minho

Manuel Pérez Cota, Universidad de Vigo

Ramiro Gonçalves, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Conselho Científico / Consejo Científico

Adolfo Lozano-Tello, Universidad de Extremadura, ES

Adrián Hiebra Pardo, Universidad de Santiago de Compostela, ES

Adriano Pasqualotti, Universidade de Passo Fundo, BR

Alberto Fernández, Universidad Rey Juan Carlos, ES

Alberto Bugarín, Universidad de Santiago de Compostela, ES

Alejandro Medina, Universidad Politécnica de Chiapas, MX

Alejandro Rodríguez González, Universidad Politécnica de Madrid, ES

Alejandro Peña, Escuela de Ingeniería de Antioquia, CO

Alexandre L'Erario, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, BR

Alma María Gómez-Rodríguez, Universidad de Vigo, ES

Álvaro E. Prieto, Universidad de Extremadura, ES

Ana Azevedo, Instituto Politécnico do Porto, PT

Ana Cristina Ramada Paiva, FEUP, Universidade do Porto, PT
Ana Isabel Veloso, Universidade de Aveiro, PT
Ana Maria Correia, ISEGI, Universidade Nova de Lisboa, PT
Anabela Mesquita, Instituto Politécnico do Porto, PT
Angelica Caro, Universidad del Bío-Bío, CL
Ania Cravero, Universidad de La Frontera, CL
Antoni Lluís Mesquida Calafat, Universitat de les Illes Balears, ES
Antonia Mas Pichaco, Universitat de les Illes Balears, ES
António Coelho, FEUP, Universidade do Porto, PT
António Godinho, ISLA-Gaia, PT
Antonio Jesus Garcia Loureiro, Universidad de Santiago de Compostela, ES
António Pereira, Instituto Politécnico de Leiria, PT
Armando Mendes, Universidade dos Açores, PT
Arnaldo Martins, Universidade de Aveiro, PT
Arturo J. Méndez, Universidad de Vigo, ES
Baltasar García Pérez-Schofield, Universidad de Vigo, ES
Benjamim Fonseca, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, PT
Bráulio Alturas, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, PT
Brenda L. Flores-Rios, Universidad Autónoma de Baja California, MX
Brígida Mónica Faria, ESTSP, Instituto Politécnico do Porto, PT
Carlos Costa, Universidade de Aveiro, PT
Carlos Rabadão, Instituto Politécnico de Leiria, PT
Carlos Carreto, Instituto Politécnico da Guarda, PT
Carlos Morais, Instituto Politécnico de Bragança, PT
Carlos Vaz de Carvalho, Instituto Politécnico do Porto, PT
Carmen Galvez, Universidad de Granada, ES
César Gonçalves, Universidade do Algarve, PT
Ciro Martins, Universidade de Aveiro, PT

Cristina Alcaraz, Universidad de Málaga, ES
Daniel Castro Silva, Universidade de Coimbra, PT
Daniel Polónia, Universidade de Aveiro, PT
Daniel Riesco, Universidad Nacional de San Luis, AR
David Fonseca, Universitat Ramon Llull, ES
David Ramos Valcarcel, Universidad de Vigo, ES
Dora Simões, Universidade de Aveiro, PT
Eduardo Luís Cardoso, Universidade Católica Portuguesa - Porto, PT
Eduardo Sánchez Vila, Universidad de Santiago de Compostela, ES
Emiliano Reynares, CIDISI - UTN FRSF - CONICET, AR
Enric Mor, Universitat Oberta de Catalunya, ES
Eusébio Ferreira da Costa, Escola Superior de Tecnologias de Fafe, PT
Feliz Gouveia, Universidade Fernando Pessoa, PT
Fernando Bandeira, Universidade Fernando Pessoa, PT
Fernando Diaz, Universidad de Valladolid, ES
Fernando Moreira, Universidade Portucalense, PT
Francisco Restivo, Universidade Católica Portuguesa, PT
Gerardo Gonzalez Filgueira, Universidad da Coruña, ES
Gerardo Rodriguez, Universidad de Salamanca, ES
Germano Montejano, Universidad Nacional de San Luis, AR
Guilhermina Lobato Miranda, Universidade de Lisboa, PT
Hélder Zagalo, Universidade de Aveiro, PT
Hélia Guerra, Universidade dos Açores, PT
Henrique Gil, Instituto Politécnico de Castelo Branco, PT
Henrique Santos, Universidade do Minho, PT
Higino Ramos, Universidad de Salamanca, ES
Hugo Paredes, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, PT
Isabel Pedrosa, Instituto Politécnico de Coimbra, PT

Isaura Ribeiro, Universidade dos Açores, PT
Isidro Calvo, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), ES
Ismael Ettxeberria-Agiriano, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), ES
Ivan Garcia, Universidad Tecnológica de la Mixteca, MX
Javier Garcia Tobio, CESGA-Centro de Supercomputacion de Galicia, ES
Jezreel Mejia, Centro de Investigación en Matemática (CIMAT), MX
João Pascual Faria, FEUP, Universidade do Porto, PT
João Paulo Costa, Universidade de Coimbra, PT
João Tavares, FEUP, Universidade do Porto, PT
Joaquim José Gonçalves, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave, PT
Joaquim Madeira, Universidade de Aveiro, PT
Joaquim Reis, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, PT
Jörg Thomaschewski, University of Applied Sciences OOW - Emden, DE
Jose Alfonso Aguilar, Universidad Autonoma de Sinaloa, MX
José Augusto Fabri, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, BR
José Braga de Vasconcelos, Universidade Atlântica, PT
José Cascalho, Universidade dos Açores, PT
José Felipe Cocón Juárez, Universidad Autónoma del Carmen, MX
Jose J. Pazos-Arias, Universidad de Vigo, ES
José Luís Silva, Universidade da Madeira, PT
José Paulo Lousado, Instituto Politécnico de Viseu, PT
José Luis Pestrana Brincones, Universidad de Málaga
José Luís Reis, ISMAI - Instituto Superior da Maia, PT
Jose M Molina, Universidad Carlos III de Madrid, ES
Jose Maria Zavala Perez, Eticas Research & Consulting, ES
José Martins, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, PT
Jose Maria de Fuentes, Universidad Carlos III de Madrid, ES
Jose R. R. Viqueira, Universidade de Santiago de Compostela, ES

José Silvestre Silva, Academia Militar, PT

Josep M. Marco-Simó, Universitat Oberta de Catalunya, ES

Juan D'Amato, PLADEMA-UNCPBA-CONICET, AR

Juan M. Santos Gago, Universidad de Vigo, ES

Juan Manuel Fernández-Luna, Universidad de Granada, ES

Juan-Manuel Lopez-Zafra, Universidad Complutense de Madrid, ES

Leonardo Bermon, Universidad Nacional de Colombia, CO

Leila Weitzel, Universidade Federal Fluminense, BR

Lilia Muñoz, Universidad Tecnológica de Panamá, PA

Luis Alvarez Sabucedo, Universidad de Vigo, ES

Luís Correia, Universidade de Lisboa, PT

Luis de Campos, Universidad de Granada, ES

Luis Enrique, Sicaman Nuevas Tecnologías S.L., ES

Luis Fernandez-Sanz, Universidad de Alcalá, ES

Luís Ferreira, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave, PT

Luis Vilán-Crespo, Universidad de Vigo, ES

Luisa María Romero-Moreno, Universidad de Sevilla, ES

Luisa Miranda, Instituto Politécnico de Bragança, PT

Lus Sussy Bayona Ore, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, PE

Magdalena Arcilla Cobián, Universidade Nacional de Educación a Distancia, ES

Manuel Jose Fernandez Iglesias, Universidad de Vigo, ES

Marcelo Mendonça Teixeira, Universidade Federal Rural de Pernambuco, BR

Marco Painho, ISEGI, Universidade Nova de Lisboa, PT

Maria Hallo, Escuela Politécnica Nacional, EC

María J. Lado, Universidad de Vigo, ES

Maria João Castro, Instituto Politécnico do Porto, PT

Maria João Ferreira, Universidade Portucalense, PT

Maria João Gomes, Universidade do Minho, PT

Maria José Angélico, Instituto Politécnico do Porto, PT
Maria José Marcelino, Universidade de Coimbra, PT
Maria José Sousa, Universidade Europeia, PT
Maribel Yasmina Santos, Universidade do Minho, PT
Marisol B. Correia, Universidade do Algarve, PT
Maristela Holanda, Universidade de Brasília, BR
Martín Llamas Nistal, Universidad de Vigo, ES
Matías García Rivera, Universidad de Vigo, ES
Mercedes Ruiz, Universidad de Cádiz, ES
Miguel A. Brito, Universidade do Minho, PT
Miguel Bugalho, Universidade Europeia, PT
Miguel Casquilho, IST, Universidade de Lisboa, PT
Mirna Ariadna Muñoz Mata, Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT), MX
Nelson Rocha, Universidade de Aveiro, PT
Nuno Lau, Universidade de Aveiro, PT
Nuno Ribeiro, Universidade Fernando Pessoa, PT
Orlando Belo, Universidade do Minho, PT
Oscar Mealha, Universidade de Aveiro, PT
Paula Peres, Instituto Politécnico do Porto
Paula Prata, Universidade da Beira Interior, PT
Paulo Martins, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, PT
Paulo Pinto, FCT, Universidade Nova de Lisboa, PT
Pedro Abreu, Universidade de Coimbra, PT
Pedro Miguel Moreira, Instituto Politécnico de Viana do Castelo, PT
Pedro Nogueira Ramos, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, PT
Pedro Sánchez Palma, Universidad Politécnica de Cartagena, ES
Pedro Sanz Angulo, Universidad de Valladolid, ES
Pilar Mareca Lopez, Universidad Politécnica de Madrid, ES

Raul Laureano, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, PT
Renata Spolon Lobato, UNESP - Universidade Estadual Paulista, BR
Reinaldo Bianchi, Centro Universitário da FEI, BR
Rita Santos, Universidade de Aveiro, PT
Roberto Rodríguez Echeverría, Universidad de extremadura, ES
Rodolfo Miranda Barros, Universidade Estadual de Londrina, BR
Rogério Eduardo Garcia, Universidade Estadual Paulista, BR
Rubén González Crespo, Universidad Internacional de La Rioja, ES
Rui Cruz, IST, Universidade de Lisboa, PT
Rui José, Universidade do Minho, PT
Rui Pedro Marques, Universidade de Aveiro, PT
Santiago Gonzales Sánchez, Universidad Inca Garcilaso de la Vega, PE
Sergio Gálvez Rojas, Universidad de Málaga, ES
Sérgio Guerreiro, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, PT
Silvia Fernandes, Universidade do Algarve, PT
Solange N Alves de Souza, Universidade de São Paulo, BR
Tomás San Feliu Gilabert, Universidad Politécnica de Madrid, ES
Valéria Farinazzo Martins, Universidade Presbiteriana Mackenzie, BR
Victor Hugo Medina Garcia, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, CO
Vitor Carvalho, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave, PT
Vitor Santos, ISEGI, Universidade Nova de Lisboa, PT
Wagner Tanaka Botelho, Universidade Federal do ABC, BR
Xose A. Vila, Universidad de Vigo, ES

Tendencias en Tecnologías de Información y Comunicación

Trends in Information and Communication Technologies

Jezreel Mejia¹, Mirna Muñoz¹

{jmejia, mirna.munoz}@cimat.mx

¹ Centro de Investigación en Matemáticas- Unidad Zacatecas, Av. Universidad No. 222, 98068, Zacatecas, México

DOI: 10.4304/risti.17.ix-xiii

Introducción

Los artículos presentados en este número especial fueron seleccionados de los artículos aceptados en el Cuarto Congreso Internacional de Mejora de Procesos Software (CIMPS) 2015, realizado en la Ciudad de Mazatlán, Sinaloa, México del 28 al 30 de Octubre del 2015. Este congreso ha tenido una tasa de aceptación del 30% de los artículos enviados.

En este número especial de la Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información (RISTI), aborda temas relacionados a “Tendencias en Tecnologías de Información y Comunicación”. Los artículos presentan versiones extendidas y mejoradas de las versiones originales que han sido presentados en el congreso CIMPS 2015.

Tendencias en Tecnologías de Información y Comunicación

Las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) dentro de las organizaciones ha creado nuevos dominios de interés, surgiendo nuevas necesidades de conocimiento como pueden ser: controles de seguridad y seguridad perimetral para sitios web de un CSIRT; estrategias para aligerar procesos de software, así como, para la mejora de procesos en el área de validación de software; modelos ontológicos para la definición de arquitecturas de software; modelos para maximizar el uso de las TICs entre MiPyMES, Sociedad y Gobierno; el uso de sistemas multi-táctil para la evaluación de trabajo colaborativo

en aulas de clases, así como, técnicas de computación afectiva para localizar recursos educativos; funciones y heurísticas relevantes para la composición de componentes y la adaptación de dispositivos móviles a nuevas áreas de uso como lo es la salud.

Un CSIRT (Computer Security Incident Response Team) es un equipo especialista en seguridad de la información dedicados a responder incidentes de seguridad informática (Centro Criptológico Nacional, 2013). Para muchas personas, el primer contacto que se tiene para un CSIRT se realiza mediante el sitio web (Penedo, 2006). En ella se encuentra información como la misión, visión, servicios, datos de contacto y publicaciones sobre avisos de seguridad así como manuales para la concientización de la seguridad informática (Software Engineering Institute, 2014). Por lo que es importante estandarizar el contenido, los controles de seguridad y la seguridad perimetral que debe tenerse en consideración durante el desarrollo del sitio web de un CSIRT.

Con respecto a la mejora de procesos, se han propuesto varios modelos y estándares de mejora de procesos como Capability Maturity Model Integration (CMMI) (CMMI Product Team, 2010) o el ISO/IEC 15504 (ISO/IEC, 2004), los cuales proporcionan un conjunto de mejores prácticas que han demostrado tener éxito en las organizaciones de software (Pettersson, et al., 2008). Por lo tanto, estos modelos y estándares tiene como objetivo incrementar la calidad del producto mediante la evaluación y ajuste continuo del proceso (Petersen & Wohlin, 2010). En este contexto, es importante resaltar que la implementación adecuada de un modelo o estándar implica no sólo la definición de procesos, también implica introducir a las empresas en el desarrollo de la cultura de mejora continua. Además, es primordial que toda organización que se dedique al desarrollo de TI establezca una serie de mecanismos de control que permitan determinar que su producto cumpla con normas, procesos y estándares de calidad, que garanticen que su producto esté libre de errores, ante el mercado competitivo. Uno de los procesos que aseguran esta competitividad es la validación de software. La validación no es más que la prueba de software en sí (Monteiro, et al, 2009; Oh, et al, 2008; Kurokawa & Shinagaw, 2008; Méndez, et al, 2010).

En relación a los Sistemas de Información (SI) las empresas modernas se sustentan en éstos diseñados para gestionar la creciente complejidad de las interacciones con su contexto y su operación. La Arquitectura Empresarial (EA – por sus siglas en inglés) (The Open Group, 2009) es un enfoque cada vez más aceptado, el cual abarca varios niveles de diseño arquitectónico, que partiendo de la estrategia de negocio permiten identificar la Arquitectura de SI. Para esta identificación se propone utilizar notación de modelos ontológicos para cerrar la brecha entre las partes interesadas (stakeholders), consultores técnicos y no técnicos (Carvalho, 2006),

Con respecto al impacto de Internet y las TIC en la economía se deben encontrar formas de transformar su uso desde un punto de vista de desarrollo, sin perder de vista el entorno regional que vaya de acuerdo con las necesidades de la región geográfica donde se pretende catalizar los intercambios comerciales para un mejor aprovechamiento de los recursos.

En el área de trabajo colaborativo que se lleva a cabo en aulas educativas investigaciones como (Rick, 2011; Martínez 2012) relacionadas al uso de superficies colaborativas como mesas multi-táctil en la educación han demostrado el potencial de éstas para asistir en tareas grupales dentro de un aula de clase, así como su efecto positivo que tienen en los estudiantes para promover el trabajo en grupo.

En los últimos años han surgido repositorios de recursos educativos como apoyo a los estudiantes con deficiencias en conocimiento (Aguila, 2010). Desafortunadamente en ocasiones es necesario buscar en diversos repositorios ya que uno solo no es suficiente para encontrar los recursos que el estudiante necesite. Los sistemas de recomendación son herramientas que generan sugerencias sobre un determinado objeto de estudio, a partir de las preferencias y opiniones dadas por otros usuarios (Beltrán Páez Germán, 2015).

Actualmente el desarrollo de sistemas informáticos son construidos a partir de la composición de componentes. Un componente es un elemento de software pre-existente que implementa alguna funcionalidad, la cual puede ser accedida a través de interfaces bien definidas (Sommerville, 2006). Ejemplos de componentes en muchos de estos sistemas son los COTS (Commercial Off-The-Shelf), los Servicios Web, los Mashlets (Abiteboul, Greenshpan, & Milo, 2008) o las (Web) APIs.

Finalmente, el crecimiento del uso de los dispositivos móviles en las distintas áreas de la sociedad ya es una realidad. Por ejemplo en la práctica médica apoyada con la aplicación y desarrollo de software especializado, constituyen una de las opciones que permiten agilizar el trabajo que se realiza en esta área (Ventola, 2014). Por ejemplo, en la endoscopia, el móvil y el software de asistencia médica han constituido una alternativa viable y práctica, pues permiten agilizar el diagnóstico médico y por tanto la toma de decisiones en el tratamiento de los pacientes.

Los artículos publicados en este número especial de RISTI tratan de cubrir las Tendencias en Tecnologías de Información y Comunicación que actualmente están siendo abordadas por organizaciones de diferente sector.

Estructura

En el primer artículo se describe la propuesta de contenido, controles de seguridad y seguridad perimetral para un sitio web de un Equipo de Respuesta ante Incidentes de Seguridad (CSIRT por sus siglas en inglés). Un sitio web sirve como principal contacto con el público objetivo, es por ello que al crear un sitio web para un CSIRT se debe tomar especial cuidado con las tecnologías a utilizar y aplicar controles de seguridad con el fin de evitar posibles ataques informáticos los cuales pueden poner en riesgo la reputación del CSIRT.

El segundo artículo presenta un estado del arte sobre las estrategias que permiten aligerar los procesos de software permitiendo introducir a las empresas en el desarrollo de una cultura de mejora continua.

En el tercer artículo se presenta una aproximación para la mejora de procesos a través del área de proceso de validación del CMMI, mediante un enfoque basado en un metamodelado. A través de éste se define una taxonomía de proyectos, la caracterización de pruebas, plantillas de pruebas para el producto a validar, para el entorno de validación, procedimientos y criterios de prueba y un plan de pruebas.

El cuarto artículo se presenta un enfoque de anotación de modelos ontológicos para definir arquitecturas de software en las organizaciones utilizando tecnologías semánticas, el cual, permita la creación de un Repositorio Semántico de Modelos de contexto que permita apoyar la comprensión del entorno y estructura dentro de una organización.

En el quinto artículo presenta un modelo para la integración de MiPyMES - Sociedad – Gobierno que pretende maximizar el uso de las TIC, disminuir la brecha digital y aumentar la competitividad de estos sectores, así como la mejora calidad de vida de la sociedad.

El sexto artículo describe el diseño e implementación de un sistema de mesa multi-táctil de bajo costo que fomenta y facilita la evaluación del trabajo colaborativo dentro de un aula de clase.

El séptimo artículo presenta EmoRemSys un sistema de recomendación de recursos educativos basado en técnicas de computación afectiva que permite localizar recursos educativos con base en un análisis sentimental del estudiante haciéndolo adaptable a las necesidades del usuario.

En el octavo trabajo se presenta una evaluación de herramientas de composición de componentes centrada en el usuario final proponiendo un conjunto de funciones y heurísticas relevantes para detectar problemas generales de adecuación funcional y usabilidad.

Finalmente, el noveno artículo muestra el proceso para sustituir la computadora portátil utilizando un dispositivo móvil para mostrar las imágenes captadas, capturarlas y grabar video con el endoscopio genérico, facilitando la toma de decisiones a los doctores durante operaciones quirúrgicas.

Agradecimientos

Agradecemos al Director de la Revista Álvaro Rocha por otorgar la oportunidad para dar a conocer los trabajos más relevantes presentados en el congreso CIMPS 2015. Asimismo, expresamos nuestra gratitud a los autores de los trabajos publicados, lo cual hizo posible este número especial en RISTI. Damos la enhorabuena a todos aquellos autores cuyos artículos han sido publicados en este número especial de RISTI.

Referencias

- Centro Criptológico Nacional. (2013, June) www.ccn-cert.cni.es/. [Online]. https://ccn-cert.cni.es/publico/seriesCCN-STIC/series/800-Eschema_Nacional_de_Seguridad/820/820-Proteccion_contra_DoS-jun13.pdf
- Penedo David, “Technical Infrastructure of a CSIRT,” IEEE 0-7695-2649-7/06, 2006.
- Software Engineering Institute. (2014) cert. [Online]. <http://www.cert.org/incident-management/services.cfm>
- CMMI Product Team. (2010). CMMI® for Development, Version 1.3. Pittsburgh, PA.
- ISO/IEC. (2004). ISO/IEC 15504 Information Technology – Process Assessment (Parts 1–5).
- Pettersson, F., Ivarsson, M., Gorschek, T., & Öhman, P. (2008). A practitioner’s guide to light weight software process assessment and improvement planning. *Journal of Systems and Software*, 81(6), 972–995. <http://doi.org/10.1016/j.jss.2007.08.032>

- Petersen, K., & Wohlin, C. (2010). Software process improvement through the Lean Measurement (SPI-LEAM) method. *Journal of Systems and Software*, 83(7), 1275–1287. <http://doi.org/10.1016/j.jss.2010.02.005>
- Monteiro, P., Machado, R. & Kazman, R. (2009). Inception of Software Validation and Verification Practices within CMMI Level 2. *ICSEA*, pp. 536–541.
- Oh, H., Choi, B., Han, H. & Wong, W. (2008). Optimizing Test Process Action Plans by Blending Testing Maturity Model and Design of Experiments. *QSIC. The Eighth International Conference on Quality Software*, pp. 57–66.
- Kurokawa, T. & Shinagawa M. (2008). Technical Trends and Challenges of Software Testing. *Science & Technology Trends Quarterly Review*, 29, pp. 34–45.
- Méndez, E., Pérez, M. A., Domínguez, K. & Mendoza, L. E. (2010). SAM: Sistema Automatizado del Método MECAP para Especificar Casos de Prueba. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (6), pp. 45–58.
- The Open Group: The Open Group Architecture Framework (TOGAF) version 9. (2009).
- Carvalho, J. P.: Supporting Organizational Induction and Goals Alignment for COTS Components Selection by Means of i*. *ICCBSS* (2006).
- Rick, J., Marshall, P., Yuill, N.: Beyond one-size-fits-all (2011). How interactive tabletops support collaborative learning. In: *Proceedings of the 10th International Conference on Interaction Design and Children*. New York, NY, USA, ACM, 109–117.
- Martinez Maldonado, R., Dimitriadis, Y., Kay, J., Yacef, K., Edbauer, M.-T. (2012). Orchestrating a multi-tabletop classroom, in *Proceedings of the 2012 ACM international conference on Interactive tabletops and surfaces*.
- Aguila, J. V. (2010). Distribución de conocimiento y acceso libre a la información con Recursos Educativos Abiertos (REA). *La educación*.
- Beltrán Páez Germán, G. G. (10 de Julio de 2015). Sistema Recomendador Basado En Filtrado. Obtenido de <http://www.enid.unal.edu.co/2012/memorias/fscommand/tecnologias/59.pdf>
- Sommerville, I. (2006). *Ingeniería de Software*. Pearson Addison Wesley.
- Abiteboul, S., Greenshpan, O., & Milo, T. (2008). Modeling the mashup space. *10th ACM workshop on Web information and data management* (pp. 87–94). ACM.
- Ventola, C. L. (2014). Mobile devices and apps for health care professionals: uses and benefits. *P & T: A Peer-Reviewed Journal for Formulary Management*, 39(5), 356–64. Retrieved from <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4029126&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>

Índice / Index

EDITORIAL

Trends in Information and Communication Technologies	ix
<i>Jezreel Mejia, Mirna Muñoz</i>	

ARTIGOS / ARTICULOS / ARTICLES

Estableciendo controles y perímetro de seguridad para una página web de un CSIRT	1
<i>Jezreel Mejia Miranda, Helton Ramirez</i>	
Establecimiento del estado del arte sobre el aligeramiento de procesos de software	16
<i>Juan Miramontes, Mirna Muñoz, Jose A. Calvo-Manzano, Brisia Corona</i>	
Una aproximación basada en metamodelado del área de proceso de Validación del CMMI: Un caso de estudio.....	26
<i>José de J. Jiménez Puello, Tomás San Feliu, Jose A. Calvo-Manzano</i>	
Hacia la Creación de un Repositorio Semántico de Modelos de Contexto Basados en <i>i*</i> y el método DHARMA.....	41
<i>Karina Abad, Juan Pablo Carvallo, Mauricio Espinoza, Víctor Saquicela</i>	
MIMSG: Un Modelo para la Integración de MiPyMES, Sociedad y Gobierno de la zona Metropolitana de Orizaba en el uso de las TIC.....	57
<i>Ricardo O. Raygoza, Sergio D. Ixmattlahua, y Omar Romero</i>	
Implementación de un sistema multi-táctil en ambientes educativos para promover y facilitar la evaluación del trabajo colaborativo en el aula.....	66
<i>Yadira Quiñonez, Gonzalo Luzardo, Roger Granda</i>	
EmoRemSys: Sistema de recomendación de recursos educativos basado en detección de emociones	80
<i>Maritza Bustos López, Agustín Job Hernández Montes, Raquel Vásquez Ramírez, Giner Alor Hernández, Ramón Zatarain Cabada, María Lucia Barrón Estrada</i>	
Evaluando Adecuación Funcional y Usabilidad en Herramientas de Composición desde la Perspectiva del Usuario Final	96
<i>Yadira Jarvio Hernández, Perla Velasco-Elizondo, y Edgard Benítez-Guerrero</i>	
Mejoras del proceso endoscópico usando aplicaciones móviles	115
<i>Miguel A. Razo Salas, Sodel Vázquez Reyes, Roberto Solís Robles</i>	

Estableciendo controles y perímetro de seguridad para una página web de un CSIRT

Jezreel Mejia Miranda¹, Heltton Ramirez¹

{jmejia, heltton.ramirez}@cimat.mx

¹ Centro de Investigación en Matemáticas CIMAT A.C. Unidad Zacatecas, Av. Universidad No. 222, Fracc. La Loma, C.P. 98068, Zacatecas, Zacatecas, México

DOI: 10.17013/risti.17.1-15

Resumen: Uno de los principales medios de comunicación de un CSIRT es su sitio web, el cual sirve como principal contacto con el público objetivo y primer frente de vulnerabilidad de la seguridad perimetral de un CSIRT. Es por ello que al crear un sitio web para el CSIRT se debe tomar especial cuidado con las tecnologías a utilizar y aplicar controles de seguridad tanto en el desarrollo de la pagina web, así como, de la seguridad perimetral que permita evitar posibles ataques informáticos los cuales pueden poner en riesgo la reputación de un CSIRT. En este artículo se presenta, la definición del contenido del sitio web del CSIRT, la selección de tecnología para el desarrollo del sitio web, la revisión sistemática para proponer el contenido y controles de seguridad para el sitio web y su seguridad perimetral que debe tenerse en cuenta para un CSIRT.

Palabras-clave: CSIRT, sitio web, controles de seguridad, Wordpress. seguridad perimetral.

Establishing security controls and perimeter for a CSIRT website

Abstract: A website works as the main contact with the CSIRT's target audience, for this reason, when creating a website for the CSIRT, you must be taken special care with technologies when the website is developed and applying security controls, as well as, perimeter security in order to avoid computer attacks that may jeopardize the reputation of the CSIRT. This paper describes a proposal related to content and security controls of the CSIRT website. To achieved this, the systematic review was performed to propose the content and security controls for the website and its perimeter security that must be considered.

Keywords: CSIRT, web site, security controls, wordpress, perimeter security.

1. Introducción

Actualmente los equipo de respuesta a incidentes de seguridad informática (CSIRTs por sus siglas en ingles) son fundamentales debido a la creciente operatividad en delincuencia informática. Para el establecimiento de un CSIRT, trabajos como (ENISA, 2006) (Centro Criptológico Nacional, 2013) (Proyecto AMPARO, 2012) (Penedo, 2006)

especifican recursos tecnológicos que son necesarios para su funcionamiento, entre los cuales se encuentra el sitio web. Para muchas personas, el primer contacto que se tiene para un CSIRT se realiza mediante el sitio web (Penedo, 2006). En ella se encuentra información como la misión, visión, servicios, datos de contacto y publicaciones sobre avisos de seguridad así como manuales para la concientización de la seguridad informática (Software Engineering Institute, 2014; Muñoz, et al, 2015).

Sin embargo, hasta el momento no se ha estandarizado el contenido ni los controles de seguridad que debe tenerse en consideración durante el desarrollo del sitio web de un CSIRT. Es por ello que en este artículo se propone el tipo de contenido, la tecnología y los controles de seguridad para el sitio web de un CSIRT (concretamente Wordpress), con la finalidad de establecer un portal web más seguro para evitar posibles ataques informáticos los cuales pueden poner en riesgo la reputación del CSIRT. Para establecer la propuesta, se ha recolectado información a través de una revisión sistemática, una inspección de sitios web oficiales del portal FIRST con un Web Scraping y extrayendo información de sitios web del mismo portal con un web scanner.

Este artículo está estructurado de la siguiente manera: la sección 2 muestra conceptos fundamentales, la sección 3 muestra el contenido de un sitio web de un CSIRT, la sección 4 muestra cómo fue la selección de tecnologías para el sitio web, la sección 5 muestra cómo fue la revisión sistemática para obtener los controles de seguridad del sitio web del CSIRT, la sección 6 muestra la propuesta de contenido y controles de seguridad y la seguridad perimetral que debe establecerse para un sitio web de un CSIRT y al final se presentan las conclusiones.

2. Conceptos básicos

Los conceptos principales que se usan dentro de esta propuesta se describen a continuación.

2.1. CSIRT

Un CSIRT (Computer Security Incident Response Team) es un equipo especialista en seguridad de la información dedicados a responder incidentes de seguridad informática (Centro Criptológico Nacional, 2013). El término CSIRT es el que se suele usar en lugar del término protegido CERT, registrado en EE.UU, por el CERT Coordination Center (CERT/CC) (ENISA, 2006).

Se usan diferentes abreviaturas para el mismo tipo de equipos:

- CERT o CERT/CC: (Computer Emergency Response Team / Coordination Center, equipo de respuesta a emergencias informáticas / Centro de coordinación).
- CSIRT: (Computer Security Incident Response Team, equipo de respuesta a incidentes de seguridad informática).
- IRT: (Incident Response Team, equipo de respuesta a incidentes).
- CIRT: (Computer Incident Response Team, equipo de respuesta a incidentes informáticos)
- SERT: (Security Emergency Response Team, equipo de respuesta a emergencias de seguridad).

2.2. Sitio web

Una página web o sitio web se compone de objetos. Un objeto es simplemente un archivo, puede ser HTML, una imagen, un applet de Java o un clip de video. Todo objeto web es alcanzable mediante un único URL (Uniform Resource Locator, localizador uniforme de recursos), el cual es la forma más común de identificar un recurso Web.

La información que viaja del servidor HTTP hacia el usuario que solicita la información de la pagina lo hace mediante XML, HTML entre otros, y la información es visualizada mediante el navegador del cliente. La seguridad en el sitio web se compone de varios aspectos trabajando en conjunto como lo son el programador, el administrador, la configuración del sitio web y las herramientas utilizadas (Allen, 2001).

2.3. Controles de Seguridad

También llamadas Salvaguardas por la metodología Magerit (Esquema Nacional de Seguridad, 2012) los controles de seguridad son mecanismos de protección frente amenazas, reduciendo la frecuencia de las amenazas y limitan el daño causadas por éstas. Pueden ser buenas prácticas, software o hardware.

2.4. Web Scraping

Web Scraping es el proceso de automatizar la recolección de información útil de portales web (Vargiu & Urru, 2013). Esto se hace mediante programas de software los cuales extraen información simulando la navegación de un ser humano en la World Wide Web ya sea utilizando el protocolo HTTP.

Una vez establecidos los conceptos básicos, en la secciones siguientes se describen cómo se identificó el contenido que se recomienda tener un sitio web de un CSIRT, como se obtuvo las tecnologías a utilizar para el desarrollo del sitio web y los controles de seguridad pertinentes para proteger el sitio web.

3. Contenido de un sitio web para CSIRT

El propósito de esta sección es obtener elementos del contenido de un sitio web para un CSIRT. Es por ello que se realizó un análisis a la propuesta de contenido hecha en (Mejia, et al, 2015) mediante un Web Scraping, la cual contempla elementos que se recomienda tener en la página web de un CSIRT mostrados en la Tabla 1 y un análisis de 10 sitios CSIRT/CERT oficiales mostrados en la Tabla 2.

3.1. Análisis de paginas oficiales de CSIRT con herramienta

Dentro del análisis realizado en (Mejia, et al, 2015) se utilizó una herramienta para la extracción de la información de páginas oficiales de CSIRTs dentro del portal de la organización FIRST del inglés Forum of Incident Response and Security Teams que cuenta con una gran cantidad de CSIRTs registrados. La herramienta es del tipo web scraping la cual funciona recopilando información de portales web. A continuación en la Figura 1 describe gráficamente el funcionamiento de la herramienta.



Figura 1 – Descripción del funcionamiento del robot web.

3.2.Resultados de la revisión de contenido de la pagina web de un CSIRT con herramienta

A continuación se presentan los resultados obtenidos mediante la inspección de páginas web oficial de CSIRTs que se encuentran registrados dentro del portal de FIRST. En la Tabla 1 muestra los resultados encontrados mediante la herramienta dividido entre contenido y funcionalidad que se recomienda debe incluir una página de un CSIRT.

Contenido	Funcionalidad
Información del CERT	Novedades
FAQ	Mapa del sitio
Misión y objetivos	Multilíngüe
Información de contacto	Motor de búsqueda
Eventos	Base de conocimineto de vulnerabilidades
Documentos	Reporte online de incidentes
Herramientas	Zona de accesos restringidos
Avisos / vulnerabilidades	Lista de distribución por correo
Noticias / notas de seguridad	Publicación por RSS
Indicadores / estadísticas	
Enlaces (sitios relacionados)	

Tabla 1 – Elementos propuestos por Uribe (2014) sobre contenido y funcionalidad de un CSIRT.

3.3. Inspección de contenido de sitio web de CSIRT de manera manual

Para reforzar los resultados mostrados en la Tabla 1, también se realizó una inspección de manera manual, revisando contenido de sitios web sobre 10 CSIRTs/CERTs. Los sitios se eligieron al azar tomando en consideración que fueran CSIRTs/CERTs formalmente establecidos. Durante el análisis, se buscaron elementos que se muestran en la Tabla 1 y se añadieron otros que lo complementen. A continuación se enlistan los resultados dentro de la Tabla 2.

Características/Sitios	INCIBE	UNAM-CERT	INFOTEC	CERT	US-CERT	CERT-EU	NCI	ENISA	TERENA	TF-CSIRT
Acerca de	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
FAQ	Si	No	Si	Si	Si	No	No	No	No	No
Misión y objetivos	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	No	No
Contacto	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Eventos	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Documentos	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	No
Herramientas	Si	Si	Si	No	No	Si	No	Si	No	No
Vulnerabilidades	Si	Si	No	Si	Si	Si	No	No	No	No
Noticias	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Indicadores/estadísticas	No	Si	No	No	No	Si	No	No	No	No
Enlaces (sitios relacionados)	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Seguridad en tu idioma/Tips	No	Si	No	No	Si	No	No	No	No	No
Blogs	Si	No	No	Si	No	No	No	No	No	No
Cursos	No	No	No	Si	No	No	No	Si	No	Si
Reporte de incidencias	Si	Si	No	Si*	Si*	No	No	No	No	No
Suscripción a alertas	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No
Redes Sociales	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	Si	Si	No

Tabla 2 – Cuadro de análisis comparativo entre 10 sitios CSIRT/CERT

Como se puede observar en la Tabla 2, los elementos que complementan a la Tabla 1 son: seguridad en tu idioma/tips, blogs, cursos, suscripción a alertas y redes sociales.

4. Selección de tecnologías.

Para la definición de tecnologías, lenguajes y herramientas a utilizar para la creación del sitio web de un CSIRT, se realizó un censo de las tecnologías utilizadas en sitios oficiales de CSIRT, obtenidas directamente de la página del foro de equipos de seguridad y respuesta a incidentes (FIRST, del inglés Forum of Incident Response and Security Teams) (FIRST.org, Inc., 1995).

Se obtuvo una muestra de 40 sitios web oficiales de CSIRT para conocer qué tecnologías empleaban mediante la herramienta WhatWeb en su versión 0.4.8 (Horton & Coles, 2015). El objetivo de la herramienta WathWeb es responder a la pregunta “¿Qué es este sitio web?”, el cual identifica tecnologías incluyendo CMS (Content Management System), plataformas de blog, analiza paquetes, librerías javascripts, servidores web y dispositivos embebidos. Mediante sus 900 plugins, es posible también identificar versiones específicas de tecnologías, direcciones de correo electrónico, errores SQL y más (Morningstar Security, 2011). En la Figura 2 muestra un ejemplo de la información que muestra la herramienta al inspeccionar un sitio web.

```
http://cert.gov.ua/ [302] IP[193.29.284.21], RedirectLocation
[/kMpLh/], Country[UKRAINE][UA]
http://cert.gov.ua/kMpLh/ [302] IP[193.29.284.21], RedirectLo
cation[/], Country[UKRAINE][UA]
http://cert.gov.ua/ [200] WebDAV[2], IP[193.29.284.21], X-Pow
ered-By[PHP/5.4.25], UncommonHeaders[x-pingback], OpenSSL[0.9
.8y], HTTPServer[FreeBSD][Apache/2.2.26 (FreeBSD) PHP/5.4.25
mod_ssl/2.2.26 OpenSSL/0.9.8y DAV/2], WordPress, PHP[5.4.25],
Email[cert@cert.gov.ua], Country[UKRAINE][UA], x-pingback[,h
ttp://cert.gov.ua/xmlrpc.php], HTML5, Title[CERT-UA], Apache[
2.2.26][mod_ssl/2.2.26], JQuery[1.10.2]
```

Figura 2 – Información extraída del sitio web cert.gov.ua con la herramienta WhatWeb.

Las tecnologías base más sobresalientes fueron 18 sitios que utilizan Apache como plataforma web, 8 de ellos utilizan ASP.NET, 25 de ellos están desarrollados en Wordpress y sólo 6 en Drupal, entre otras tecnologías. Por lo tanto, se decidió que la plataforma a utilizar sea Wordpress, la cual es más usada en el mundo (Onishi, 2013) y Apache para la creación del sitio web del CSIRT, y así dotarlas de seguridad de forma más específica.

5. Controles de seguridad y seguridad perimetral

Definidas las tecnologías a utilizar para el sitio web del CSIRT, como resultado de la inspección de sitios web mostrados en la sección anterior, se proponen los controles de seguridad en específico al CMS Wordpress debido al resultado obtenido en la sección anterior, así como, la seguridad perimetral necesaria que debe acompañar la página web de un CSIRT, ya que la página web atrae a una gran cantidad de atacantes el cual su objetivo es penetrar la seguridad del sistema (Onishi, 2013).

Para llevar a cabo esta labor, se realizó una revisión sistemática, la cual es un método de investigación desarrollado para obtener, analizar, y evaluar toda la investigación relevante para una pregunta de investigación o un área de interés particular. Este método cuenta con 3 pasos los cuales son planificación, revisión y publicación los cuales se describen a continuación:

Planificación: la primer fase, en esta etapa se identifica la investigación, se establecen los objetivos y se realizan las siguientes actividades:

- Elección de nombre de la investigación.
- Formulación de las cadenas de búsqueda.
- Selección de fuentes de búsqueda de estudios y establecer los criterios de selección de estudios primarios y secundarios.

Revisión: en esta segunda fase se ejecutan las siguientes actividades:

- Ejecución de la búsqueda.
- Evaluación de la calidad de los estudios.

- Revisión de los estudios seleccionados.
- Extracción de la información.
- Documentos de extracción de datos.
- Ejecución de la extracción.

Publicación: tercera y última fase en la que se resume y analizan los resultados utilizando métodos estadísticos, las actividades que se contemplan son:

- Cálculo estadístico.
- Presentación de resultados.

A continuación se describen elementos principales de la revisión sistemática como lo es la pregunta de investigación, cadena de búsqueda y número de resultados obtenidos.

Preguntas de investigación: ¿Cuáles son las mejores prácticas y tecnologías de seguridad existentes orientados a proteger un sitio web hecho con Wordpress?

¿Cuáles son los activos esenciales para la conformación de una seguridad perimetral de un CSIRT?

Cadena de búsqueda: (Security && Wordpress), (“Infrastructure” AND (“CSIRT” OR “CERT”))

Resultados de la consulta: La cadena de búsqueda fue introducida en 4 fuentes formales para su búsqueda, las cuales fueron IEEE, Springer Link, ACM y Google Scholar. En la Tabla 3 se muestra la cantidad de resultados por fuente.

Cadena de búsqueda	IEEE	Springer Link	ACM
(Security && Wordpress)	9	66	410
“Infrastructure” AND (“CSIRT” OR “CERT”)	5	44	4,776

Tabla 3 – Resultados de la búsqueda de seguridad en Wordpress.

6. Propuesta

A continuación se muestra la propuesta obtenida mediante herramientas y una revisión sistemática sobre contenido de un sitio web y controles de seguridad para el mismo sitio bajo la plataforma Wordpress. Además, se presentan los dispositivos identificados para establecer la seguridad perimetral necesaria.

6.1. Contenido de un sitio web de un CSIRT

Como se menciona en la sección 3, se realizó un análisis de páginas oficiales de CSIRT mediante una herramienta e inspección de 10 sitios web. Este análisis permite proponer el siguiente contenido recomendado para un sitio web de un CSIRT. El criterio de selección de contenido consiste en que al menos 8 o más sitios de CSIRT dentro de la Tabla 2 hagan uso de la sección, incluyendo también Tips de seguridad el cuál es recompensable para dirigirse al publico sin tanta experiencia en los temas de seguridad.

- **Inicio:** La página principal del sitio CIMAT CERT. En esta página se pretende mostrar primeramente una imagen que sea llamativa con el enlace a las secciones de los reportes de incidentes y a los tips de seguridad.
- **Incidentes (reportes):** En esta página se muestra el formulario correspondiente al reporte de incidencias de seguridad por parte de los usuarios.
- **Tips de seguridad:** En esta página se mostrarán los tips y alertas de seguridad que le permitirán a los usuarios mejorar sus prácticas de seguridad.
- **Publicaciones (documentos):** En este apartado será posible leer y descargar una serie de documentos referentes a investigaciones y actividades de seguridad que el CERT del CIMAT ha llevado a cabo.
- **Contacto:** Se mostrará información de contacto y ubicación del CIMAT CERT.
- **Acerca de (misión, visión y objetivo):** En esta página se pretende mostrar información acerca de las actividades que el CIMAT CERT lleva a bajo.
- **Noticias:** En esta página se presentarán las noticias y notas de seguridad más recientes.
- **Vulnerabilidades:** En esta sección del sitio se mostrarán las vulnerabilidades e incidentes más recientes.
- **Eventos:** En esta página se mostrarán los eventos programados junto con información de contacto relacionados con seguridad informática y de cómputo.
- **Entradas (publicación, vulnerabilidad, noticia, incidente, evento, tip):** Esta página en realidad es una generalización de los diferentes tipos de publicaciones que se realizarán en el sitio, como pueden ser tips de seguridad, noticias, incidentes, eventos, publicaciones y vulnerabilidades.

6.2. Seguridad para el sitio web del CSIRT

Como resultado de la revisión sistemática nombrada en la sección 5, a continuación se presentan los controles de seguridad que se recomiendan implementar en un sitio web creado con Wordpress. Los controles de seguridad se seleccionaron para proteger los tipos de ataques en sitios web mostrados en el trabajo (Patel, Rathod, & Prajapati, 2013) enfocados a Wordpress los cuales son memoria Cache, acceso seguro, seguridad en archivos.httpaccess/wp-config.php, directorios transversales, bases de datos y copias de seguridad.

6.2.1. Seguridad en plataformas web apache

Antes de describir los controles de seguridad a tener en cuenta en la pagina web de un CSIRT desarrollada bajo el CMS wordpress, se describe la seguridad que se debe considerar en un servidor apache.

El servidor HTTP Apache es un servidor web HTTP de código abierto y se caracteriza por ser estable, multiplataforma, modular y altamente configurable, además, dispone de componentes de seguridad, los cuales configurados de forma correcta, son aprovechados para fortalecer las condiciones de acceso a los recursos web disponibles para ser recuperados a través de solicitudes http realizadas por un navegador, además Apache es de código abierto (Open Source) y gratuito (Gomez, et al, 013). Además, de ser el servidor http mas común para ejecutar paginas web creadas en wordpress.

Una configuración adecuada de Apache permite evitar que se entregue información en líneas de encabezado de los mensajes de respuesta http. También se puede configurar Apache para recibir conexiones seguras mediante el protocolo HTTPS, el cual es http sobre SSL (Secure Socket Layer) (Geeknet, 2012). Inclusive, es conveniente la instalación y configuración del Firewall de aplicación ModSecurity (Modsecurity, 2015), la cual funciona como una herramienta de registro, detección y mitigación contra ataques al servidor web apache (Geeknet, 2012).

Otras recomendaciones o buenas prácticas relevantes se encuentran el tener un conocimiento completo de todos y cada uno de los elementos del archivo de configuración de Apache (estructura, parámetros y valores), ya que incluir elementos desconocidos o cargar módulos innecesarios puede comprometer la seguridad del sitio. Realizar una gestión de usuarios para administrar el monitoreo constante del ciclo de vida de los usuarios del sistema, entre los cuales se incluye la eliminación de cuentas de usuario innecesarias para la prestación del servicio y analizar el alcance de permisos y privilegios de cada usuario del sistema. Verificar la existencia de archivos en el sistema con permisos de ejecución y monitorear el listado de tareas programadas para prevenir la ejecución de acciones no previstas por el administrador del sistema. Proveer lo mínimo de información sobre la huella identificativa del servidor Web, y si es necesario, cambiar la información para que funcione como distractor para el atacante. Como ultima recomendación, aislar el servidor web Apache del sistema operativo con el objetivo de mitigar el impacto que podría sufrir una organización si el servidor web se ve comprometido por un atacante. Este procedimiento se conoce como Jail (Jaula).

6.2.2. Memoria cache

La memoria caché es una forma de optimización muy utilizada para ahorrar memoria, procesamiento y poder acelerar el tiempo de carga de una página web de forma considerable. La memoria caché es una forma de optimización muy utilizada para ahorrar memoria, procesamiento y poder acelerar el tiempo de carga de una página web de forma considerable. Wordpress por naturaleza es lento, conforme se van añadiendo más utilidades, temas o complejidad al sitio la página web crece y las velocidades de carga se van reduciendo, además el lenguaje de programación con el que funciona Wordpress (PHP) es poco eficiente. Cualquier página web puede sufrir de tráfico masivo (slashdotted) por lo que causa que deje de responder el sitio, esto es consecuencia de almacenamiento de caché insuficiente. La solución es almacenar en caché las páginas, esto es guardar copias estáticas de archivos en directorios ocultos y re direccionar las visitas entrantes a estas páginas, además de acelerar las cosas para los visitantes, también reduce considerablemente el uso CPU (Leary, 2013).

Lamentablemente Wordpress no cuenta con caché integrada, pero cuenta con diferentes opciones de caché. El que se implementó en la página web fue WP Super Cache, éste trabaja reescribiendo en el archivo.htaccess para re direccionar las peticiones de las páginas dinámicas de wordpress a los archivos estáticos guardados en un directorio oculto en su instalación.

6.2.3. Seguimiento de problemas de rendimiento

Si el sitio Wordpress sufre de problemas de rendimiento y no está siendo atacado, es muy probable que cuente con alguna mala configuración con respecto a red, plugins, temas Wordpress o base de datos.

Si el problema persiste, mediante herramientas propias de Firefox como YSlow (Yslow, 2015) junto con Firebug pueden ser de utiliza para verificar que existen muchas imágenes o elementos en el sitio al arrancar. Si no es el caso, puedes probar con un plugin llamado WP Tunner y visitar la página principal, debajo de ella se verán todas las consultas a la base de datos y así darse cuenta si se trata de problemas con el motor de la base de datos. Si los problemas persisten, prueba desactivando plugins o cambiar el tema por el de default para verificar si cuenta con mejor rendimiento (Onishi, 2013).

6.2.4. Acceso seguro

En las versiones más antiguas de Wordpress, la cuenta del primer usuario siempre era Admin. Esto era relativamente fácil para los piratas informáticos crackear el acceso al sitio. Desde la versión 3.0, el usuario puede elegir el nombre de usuario durante la instalación, esto acorta el problema en escala, pero no mitiga por completo el riesgo. Un Método para proteger Wordpress ante ataques de fuerza bruta es bloquear la pantalla de login. Para mayor seguridad usar siempre SSL en el proceso de login para que las credenciales viajen de manera encriptada, inclusive, es posible que se considere usar SSL en todas las tareas administrativas.

Para el bloqueo del login de Wordpress existe un plugin llamado Login Lockdown, el cual funciona bloqueando un rango de IP después de haber fallado muchos intentos de acceder en un periodo de tiempo corto.

6.2.5. Remover la etiqueta cabecera generada

Una de las cosas que `wp_head()` agrega al tema de Wordpress es una etiqueta la cual muestra la versión exacta de Wordpress que se está usando, esto ayuda a los desarrolladores a ver cuántas versiones de wordpress hay en el mundo, sin embargo, esto también puede advertir a un pirata informático de qué versión de Wordpress se está usando en el sitio y así buscar vulnerabilidades de Wordpress en caso que no se esté al día. Para remover la etiqueta es con la siguiente línea de código. `Remove_action('wp_head', 'wp_generator')`

6.2.6. Seguridad en el archivo.htaccess y wp-config.php

Existen muchas maneras en las cuales piratas informáticos pueden usar el archivo. htaccess de manera maliciosa. Podrían reescribir reglas para re direccionar a los visitantes a otras páginas que no sea la genuina. Otra manera de hacer mal uso del archivo es escribir un archivo dentro de un subdirectorio de Wordpress lleno de enlaces SPAM y usar los directorios de PHP como `auto_prepend_file` o `auto_append_file` para incluir el archivo al archivo `index.php` del tema en funcionamiento.

Para proteger en ese sentido, es recomendable colocar permisos para que sólo el administrador pueda modificar el archivo.htaccess. También es posible modificar el

archivo.htaccess para asegurar que sólo tu puedas ver y modificar el archivo wp-config.php. Para realizar esta protección, es posible hacerlo mediante el siguiente código.

```
<Files wp-config.php>
order allow, deny
deny from all
</Files>
<Files.htaccess>
order allow, deny
deny from all
</Files>
```

6.2.7. Cambiar de localización archivos

Es posible mover el archivo wp-config.php y la carpeta wp-content a un lugar diferente del index.php. Todo esto ayuda a minimizar el ataque mediante un exploit de directorios con permisos de escritura en lugares predecibles. Un archivo importante de mover es el wp-config.php debido a que ahí se almacenan contraseñas de la base de datos al igual que otros datos importantes. Es posible mover el archivo a una localización externa a la carpeta publica del servidor web y Wordpress detectará automáticamente el nuevo archivo. Para mover el contenido de Wordpress, se debe definir constantes de todo dentro del archivo de configuración para que plugins que requieran de una ruta específica no dejen de funcionar.

6.2.8. Seguridad en Base de Datos

Es necesario elegir unas buenas credenciales (elegir una buena contraseña) para la base de datos al igual que cambiar el prefijo de las tablas y respaldar la base de datos con regularidad. Para cambiar el prefijo que cuenta por default Wordpress es sencillo mediante el proceso de instalación, a la hora de configurar la base de datos de Wordpress, se muestra la opción de cambiar el prefijo. Esto funciona como medida de protección ante ataques básicos de SQLInjection, pero no los detiene del todo. Esto es útil cuando un atacante hace usos de herramientas de hackeo automatizadas para sitios Wordpress.

6.2.9. Copias de seguridad de base de datos y archivos

Realizar copias de seguridad de tu base de datos con frecuencia es esencial si pretendes restablecer tu sitio cuando un desastre ocurra. Esto puede ser provisto por tu compañía de hosting aunque siempre es recomendable tener respaldos propios. Existen muchos plugins que ayudan a hacer respaldos, uno de ellos es el WP-DB-Backup, una vez instalado es posible realizar un respaldo con su menú de herramientas. Para realizar respaldos de archivos es mucho más sencillos, sólo es necesario copiarlos. Es posible automatizar el proceso mediante herramientas como rsync o usar clientes FTP para sincronizar, descargar y actualizar copias cada vez que sea necesario.

6.2.10. Monitorizar problemas de seguridad

Existen muchos plugins que permiten mantener una segura instalación de Wordpress. Enseguida se muestra una lista de ellos.

- WP Security Scan verifica los permisos de los archivos, contraseñas, seguridad en base de datos y más. Provee de herramientas para arreglar muchos de los problemas identificados.
- Wordpress Firewall monitoriza las peticiones HTTP con una lista negra de firmas conocidas como maliciosas y puede mandar un email cuando algo sospechoso aparezca.
- Exploit Scanner busca en los archivos y base de datos cualquier entrada maliciosa, como archivos llenos de links SPAM.
- Audit Trail es útil para hacerle saber cuando alguien ha intentado acceder.

6.3.Seguridad perimetral

La seguridad perimetral es una parte fundamental en el funcionamiento de un CSIRT debido al uso de la pagina web como principal medio de contacto con el publico objetivo. Este medio hace énfasis en el tráfico de información a través de la red, y en el uso de puertos de conexión, los cuales están asociados con los servicios que se presentan. Aquí es donde entran dispositivos a tenerse en cuenta para establecer una seguridad perimetral adecuada como los cortafuegos (Firewalls), sistemas de detección de intrusos (IDS), criptografía asimétrica, SSL (Secure Socket Layer), Proxies, entre otros. A continuación se presenta una breve descripción de estos principales mecanismos de seguridad.

6.3.1. Cortafuegos

Es una tecnología que busca desarrollar un control de acceso en el tráfico de la red, identificando qué paquetes pueden o no ingresar o salir del perímetro de la red de la organización. Este equipo funciona como control de acceso del tráfico para evitar que personas no autorizadas traten de invadir desde el exterior la red interna. El uso de un Firewall o cortafuego es importante ya que protege de ataques del exterior a organizaciones que se encuentran conectadas a internet. Sin un Firewall, la organización está expuesta a un gran número de riesgos, incluyendo los siguientes (Picouto, et al, 2008).

- Pérdida de información sensible de la organización como registros financieros, estrategias de negocios, modelos arquitectónicos y prototipos, planteamientos, registros médicos.
- Exposición de datos críticos con respecto a la infraestructura tecnológica que un atacante puede aprovechar para planear sus ataques.
- Consecuencias legales cuando un adversario hace uso de las computadoras de la organización para afectar sus ataques.
- Vandalismo en servicios públicos (como lo es el sitio web).

6.3.2. Cortafuego de tipo filtrado de paquetes

Los cortafuegos del tipo filtrado de paquetes verifican las cabeceras de los paquetes que contienen las direcciones IP origen y destino, protocolo, puerto, permitiendo o denegando el acceso a la red que protege. De aquí se desprenden algunas tecnologías utilizadas para los filtrados, los cuales son filtrado estático, filtrado dinámico o inspección de estado.

De este dispositivo se desprenden algunas tecnologías utilizadas para los filtrados, los cuales son filtrado estático, filtrado dinámico o inspección de estado. En el trabajo (Allen, 2001), se recomienda utilizar inspección de estado, este genera una tabla donde se mantienen los estados de las conexiones de todas las sesiones para que los paquetes pasen secuencialmente y sean filtrados por las reglas configuradas.

6.3.3. Cortafuegos de tipo proxy de aplicación

Un cortafuegos del tipo proxy de aplicación es un programa que corre en un sistema cortafuegos entre dos redes. Cuando un programa cliente establece conexión a través de un proxy hacia su servicio de destino, éste primero establece conexión con el programa proxy. El cliente negocia con el proxy para que el establezca una conexión con el servicio de destino, si la negociación es exitosa, entonces se establecen 2 conexiones, una desde el cliente hacia el proxy, y otra del proxy hacia el servicio solicitado.

Como en el caso de filtrado de paquetes, aquí también se desprenden tecnologías, una de ellas son los Proxies transparentes. Esta tecnología combina filtrado de paquetes, reescritura de paquetes y una aplicación de proxy.

6.3.4. Sistema de detección/prevenición de intrusos

Del inglés IDS (Intrusion Detection System), actúan como un monitor del tráfico de red, describiendo y analizando ahora el contenido de los paquetes que ingresan a la organización. Sus principales funcionalidades son las siguientes:

- Detectar ataques y otras violaciones de seguridad.
- Implementar calidad de control para eventos de seguridad y administración.
- Proporciona información acerca de los intrusos que intentan acceder a la red o sistemas.
- Previene problemas de comportamiento de abusos en el sistema o red.

La diferencia con respecto a un Firewall, es que un IDS examina los paquetes a más profundidad sobre su contenido y con ello definir las intenciones del mismo.

7. Conclusiones

Un sitio web de un CSIRT, es un elemento principal de un CSIRT debido a que en ella se da a conocer al CSIRT hacia el público objetivo, publicar alertas, amenazas y concientizar a las personas sobre los peligros del internet, entre otras cosas. Gracias a herramientas como los web scraping fue posible analizar de manera automática todos los sitios web de los CSIRT del portal FIRST y junto con la inspección manual se concluye que no todos los sitios oficiales de CSIRT cuentan con la misma estructura. Además, fue confirmado por la herramienta WhathWeb donde se obtuvo como resultado que no existe el uso de una misma tecnología para la creación de los sitios web. Como resultado de la revisión sistemática se obtuvieron los controles de seguridad base para una de las tecnologías más usadas en la creación de sitios web para CSIRT la cual es Wordpress. Así como, identificar los principales dispositivos necesarios para robustecer la seguridad perimetral que debe acompañar la página web de un CSIRT.

Referencias

- ENISA.(2006). “Cómo crear un CSIRT paso a paso. [Online] https://www.enisa.europa.eu/publications/csirt-setting-up-guide-in-spanish/at_download/fullReport.
- Centro Criptológico Nacional. (2013, Junio) www.ccn-cert.cni.es/. [Online]. https://ccn-cert.cni.es/publico/seriesCCN-STIC/series/800-Eschema_Nacional_de_Seguridad/820/820-Proteccion_contra_DoS-jun13.pdf
- Proyecto AMPARO. (2012). Manual básico de: Gestión de incidentes de seguridad informática.
- Penedo, David. (2006). Technical Infrastructure of a CSIRT. IEEE 0-7695-2649-7/06, 2006.
- Software Engineering Institute. (2014). Cert. [Online]. <http://www.cert.org/incident-management/services.cfm>
- Muñoz, Mirna, & Rivas, Lizbeth. (2015). Estado actual de equipos de respuesta a incidentes de seguridad informática. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (spe3), 1–15. <https://dx.doi.org/10.17013/risti.e3.1-15>
- Allen, Julia H. (2001). The CERT Guide to System and Network Security Practices. 480 pages, Addison-Wesley Professional; 1 edition (June 17, 2001), ISBN-10: 020173723X, ISBN-13: 978-0201737233
- Esquema Nacional de Seguridad. (2012) MAGERIT - Versión 3.0 Metodología de Análisis y Gestión de Riesgos de los Sistemas de Información.
- Vargiu, Eloisa and Urru, Mirko. (2013). Exploiting web scraping in a collaborative filtering- based approach to web advertising. *Artificial Intelligence Research*, vol. 2, no. 1.
- Mejia, Jezreel, Muñoz, Mirna and Uribe, Edgar. (2015). Services establishment in the computer security incident response teams: A review of state of art. *CISTI*, Aveiro, 2015, pp. 1–6. doi: 10.1109/CISTI.2015.7170502
- FIRST.org, Inc. (1995). <https://www.first.org>. [Online]. <https://www.first.org/members/teams>
- Horton, Andrew and Coles, Brendan. (2015). <https://github.com/urbanadventurer/whatweb>. [Online].
- Morningstar Security. (2011) <http://www.morningstarsecurity.com/research/whatweb>. [Online].
- Onishi, Adam. (2013). Security and Performance in Pro WordPress Theme Development. Apress, 2013, pp. pp 297–332.
- Patel, Savan K, Rathod, V. R. and Prajapati, Jigna B. (2013). Comparative Analysis Of Web Security In Open Source Content Management System. International Conference on Intelligent Systems and Signal Processing (ISSP).

- Gómez Montoya, Carlos E; Candela Uribe, Christian A. and Sepúlveda Rodríguez, Luis E. (2013). Seguridad en la configuración del servidor web Apache. INGE CUC,, vol. 9, no. 2, pp. pp 31–38.
- Geeknet. (2012). Securing a Linux/Apache Webserver with comon opensource tools. [Online]. <http://reg.accelacomm.com/servlet/Frs.FrsGetContent?id=40115117>
- ModSecurity. (2015, Nov.) <https://www.modsecurity.org/>. [Online]. <https://www.modsecurity.org/>
- Leary, Stephanie. (2013). Performance and Security. in WordPress for Web Developers. Apress, 2013, pp. pp 125–140.
- Yslow. (2015) <http://yslow.org/>. [Online]. <http://yslow.org/>
- Picouto Ramos, Fernando; Lorente Pérez, Iñaki; Garía-Moran, Jean Paul and Ramos Varón, Antonio Ángel. (2008). Firewalls. in Hacking y seguridad en Internet.

Establecimiento del estado del arte sobre el aligeramiento de procesos de software

Juan Miramontes ¹, Mirna Muñoz ¹, Jose A. Calvo-Manzano ², Brisia Corona ¹

{juan.miramontes, mirna.munoz, brisia.corona}@ciemat.mx, joseantonio.calvomanzano@upm.es

¹ Centro de Investigación en Matemáticas, Av. Universidad No. 222, 98068, Zacatecas, México.

² Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Informáticos. Campus de Montegancedo S/N, 28660, Madrid, España.

DOI: 10.17013/risti.17.16-25

Resumen: Existen varios modelos utilizados en la mejora de procesos de software tales como CMMI e ISO/IEC 15504, cuya implementación adecuada, implica no sólo la definición de los procesos, si no también introducir a las empresas de software en el desarrollo de una cultura de mejora continua. Un camino factible que tienen estas empresas para lograr la mejora continua es la optimización de sus procesos mediante su aligeramiento. Este artículo presenta un resumen de protocolo de la revisión sistemática llevado a cabo para esta investigación, así como los resultados del análisis de estrategias para el aligeramiento de procesos de software actualmente utilizados.

Palabras-clave: Aligeramiento de procesos de software; Estrategias para aligerar procesos; Mejora de procesos de software; Revisión sistemática de la literatura.

Establishing the state of the art on software process lightening

Abstract: There are several models used in the software process improvement such as CMMI and ISO/IEC 15504. A proper implementation of a model or standard, involves not only the definition of processes, but introducing the software organizations in the development of a continuous process improvement culture. A feasible way for these organizations to achieve a continuous improvement is the optimization of their processes through their lightening. This paper presents a summary of the systematic review protocol performed for this research and the results of the analysis of strategies for software process lightening currently used.

Keywords: Software process lightening; Strategies for lightening process; Software process improvement, Systematic literature review.

1. Introducción

La mejora de procesos de software (Software Process Improvement, SPI) tiene como objetivo hacer más eficiente el proceso de software e incrementar la calidad del producto

mediante la evaluación y ajuste continuo del proceso (Petersen & Wohlin, 2010). Con este propósito se han propuesto varios modelos y estándares de mejora de procesos como Capability Maturity Model Integration (CMMI) (CMMI Product Team, 2010) o el ISO/IEC 15504 (ISO/IEC, 2004), los cuales proporcionan un conjunto de mejores prácticas que han demostrado tener éxito en las organizaciones de software (Pettersson, et al., 2008).

En este contexto, es importante resaltar que la implementación adecuada de un modelo o estándar implica no sólo la definición de procesos, además implica introducir a las empresas en el desarrollo de la cultura de mejora continua.

Actualmente, un desafío crítico para las organizaciones de software es encontrar la forma de mejorar sus procesos de desarrollo, de manera que puedan aumentar su ventaja competitiva con respecto a sus competidores para sobrevivir en el mercado (Cuevas, Jezreel, Muñoz, & Tomas, 2010). En empresas que cuentan con procesos definidos basados en la implementación de modelos y estándares como CMMI o ISO/IEC 15504 y que han adoptado una cultura de mejora continua, se ha identificado que un camino viable a seguir para la mejora continua de procesos es la optimización de sus procesos mediante su aligeramiento.

Citando a Saint-Exupéry (como se menciona en Kruchten, 2011): “La perfección se consigue, no cuando no hay nada más por añadir, sino cuando no hay nada más por quitar”. Este artículo tiene como objetivo establecer el estado del arte respecto a estrategias para el aligeramiento de proceso.

El resto del documento se organiza de la siguiente manera: la sección 2 muestra el resumen del protocolo de revisión sistemática ejecutado, la sección 3 muestra un análisis de las estrategias para aligerar procesos identificadas, la sección 4 presenta una comparativa de propuestas relacionadas, la sección 5 muestra la propuesta de un método para aligerar procesos y, la sección 6 presenta las conclusiones.

2. Revisión sistemática de la literatura

La revisión sistemática de la literatura (Systematic Literature Review (SLR) por sus siglas en inglés) es un método que permite identificar, evaluar e interpretar toda la evidencia disponible relevante a un tema o pregunta de investigación (Kitchenham & Charters, 2007). El objetivo de la ejecución de la revisión sistemática es la obtención de información relevante sobre un tema a través de la utilización de un método formal, reduciendo la posibilidad de sesgo en las búsquedas de estudios, ya que se basa en la definición de un protocolo que especifica los métodos utilizados para guiar la revisión (Muñoz, Gasca, & Valtierra, 2014), se constituye de tres fases principales: planificación, ejecución, y reporte de resultados. A continuación se detallan las actividades realizadas en cada fase para la definición del protocolo de SRL para esta investigación como se indica: la Tabla 1 muestra las actividades realizadas en la fase de planificación, mientras que en la Tabla de 2 se encuentran las actividades realizadas para la fase de ejecución. El reporte completo de la revisión sistemática realizada se encuentra en (Miramontes, Muñoz, Calvo-Manzano, & Corona, 2016).

Actividad	Descripción
Identificar la necesidad de la revisión	Una las preocupaciones más importantes en la industria de software es el desarrollo de productos de software con el uso óptimo de recursos, tiempo y costos, esto es, una organización de software necesita ser eficiente y tener procesos de desarrollo óptimos (Garzás, Pino, Piattini, & Fernández, 2013). Para empresas que implementan prácticas con base en modelos como CMMI e ISO 15504 un camino factible para lograr la mejora continua es la optimización de sus procesos mediante su aligeramiento. De acuerdo con Rizwan y Hussain (2008), para ser eficiente, una organización necesita aligerar sus procesos de desarrollo software.
Formular preguntas de investigación	RQ1) ¿Qué marcos de trabajo, métodos o metodologías para aligerar u optimizar procesos de software existen? RQ2) ¿Cuáles son los procesos de software que más se aligeran? RQ3) ¿Qué estrategias son utilizadas para hacer más ligeros los procesos de software? Como el objetivo de este artículo es conocer las estrategias para aligera procesos, este artículo solo se enfoca en la RQ3.
Formular Cadena de búsqueda	(framework OR method OR methodology) AND (lightweight OR lean OR lighten OR light OR optimize OR optimizing) AND software process
Seleccionar Fuentes de datos	Se seleccionaron fuentes de datos consideradas relevantes en el área de Ingeniería de Software: a) IEEE Xplore b) Elsevier Science (Science Direct) c) SpringerLink d) ACM Digital Library

Tabla 1 – Planificación de la revisión sistemática

Actividad	Descripción
Establecer criterios de inclusión	1) Estudios en los idiomas inglés o español. 2) Estudios a partir del año 2008. 3) Estudios que contengan al menos dos palabras clave en el título y abstract. 4) Estudios que contengan análisis, evaluación o aplicaciones de modelos o estándares en procesos de software. 5) Estudios que contengan casos prácticos o validación de su propuesta. 6) Estudios que muestren resultados sobre el aligeramiento u optimización de procesos de software
Establecer criterios de exclusión	1) Estudios que no contengan información sobre el aligeramiento de procesos de software o sobre procesos ligeros de software. 2) Estudios repetidos. 3) Estudios a los que no se tiene acceso.
Seleccionar estudios primarios	La selección de estudios primarios se lleva a cabo ejecutando un proceso de selección para obtener los estudios primarios, el cual se compone de los siguientes pasos: 1) Tomar la cadena de búsqueda y adaptarla a los motores de búsqueda de las fuentes de datos. 2) Filtrar los estudios aplicando los primeros tres criterios de inclusión. 3) Leer títulos y abstracts para identificar estudios potencialmente relevantes. 4) Aplicar los criterios de inclusión y exclusión restantes al leer: introducción, métodos) y conclusión, si es necesario, todo el estudio. 5) Obtener los estudios primarios.
Extraer datos	Los datos extraídos de los estudios primarios se registraron en una plantilla realizada en un editor de hojas de cálculo (Microsoft Excel™). Los datos registrados son: título, autores, año, palabras clave, fuente, objetivo general, problema, estrategia para aligerar procesos, forma en que se valida, conclusiones, fase o proceso que se aligera, tipo (método, metodología, marco de trabajo).

Tabla 2 – Ejecución de la revisión sistemática

3. Estrategias para aligerar procesos de software

Para conocer las estrategias utilizadas en el aligeramiento de procesos, se ha realizado una categorización enfocada en las siguientes características: el uso de herramientas, la combinación de prácticas formales y ágiles, la identificación de factores de éxito en el desarrollo ágil, la identificación de las mejores prácticas de una organización, el uso de reuniones entre partes interesadas (stakeholders), el diseño de metodologías para el aligeramiento y el uso de métodos Lean. La Tabla 3 muestra las estrategias con su respectiva descripción y el número de estudios encontrados de acuerdo a la clasificación realizada.

Estrategia	Descripción	SN*
Uso de herramientas	Utilizar herramientas para reducir el tiempo y esfuerzo utilizado en un proceso.	8
Combinación de prácticas formales y ágiles	Integrar prácticas de métodos formales con prácticas de desarrollo ágil.	6
Identificación de factores de éxito en ASD	Identificar elementos críticos de éxito en metodologías ágiles y modelando un proceso de software.	3
Identificación de las mejores prácticas de una organización	Identificar las prácticas clave que necesita una organización para cumplir sus objetivos de negocio, y basar su proceso en ellas.	3
Reuniones entre partes interesadas	Agilizar las salidas de un proceso mediante la realización de reuniones / workshops de partes interesadas.	3
Diseño de metodología	Diseñar una metodología ligera para procesos de software.	3
Uso de procesos Lean.	Utilizar procesos Lean: eliminar actividades que no son de valor añadido.	3

*SN= Número de estudios

Tabla 3 – Estrategias para aligerar procesos

Como se observa en la Tabla 3, de acuerdo a los resultados obtenidos, la estrategia más utilizada para aligerar procesos de software es el uso de herramientas, sin embargo éstas se enfocan en la automatización del proceso, reduciendo el tiempo y esfuerzo que toma su implementación y no en el análisis del proceso para su aligeramiento.

Además, debido a la naturaleza de las estrategias, se identifica que las estrategias identificadas no son mutuamente excluyentes, es decir, pueden combinarse para establecer un enfoque adecuado para aligerar procesos.

4. Comparativa de propuestas

A continuación en la Tabla 4 se muestra una comparación entre algunas de las principales propuestas, excluyendo las propuestas que son herramientas (ya que éstas solo automatizan el proceso pero no lo aligeran). En esta tabla para cada propuesta se muestra la problemática, una descripción de la propuesta y los resultados.

ID	Problemática	Propuesta	Resultados
P1	Es difícil para las PyMEs implementar estrategias de mejora con base a CMMI.	Comparación entre prácticas de CMMI nivel 2 y Scrum.	Se demuestra que los procesos de Scrum pueden considerarse válidos bajo el paradigma CMMI.
P2	Los trabajos existentes sobre la adaptación de procesos son muy generales y no proveen guías para las PyMEs.	Desarrollo de framework para adaptación de procesos, basado en los elementos críticos de las metodologías ágiles.	Un framework de adaptación de procesos ligero que genera un esquema de adaptación de procesos para PyMEs.
P3	Los modelos de mejora de procesos están diseñados para grandes empresas y no para PyMES.	Propuesta de metodología para establecer mejora de procesos utilizando CMMI como modelo para la mejora y XP como método de desarrollo.	Se les facilita a las PyMES la implementación de mejora de procesos con base en CMMI, a pesar de que este está diseñado para grandes empresas.
P4	El desarrollo de dispositivos médicos requiere procesos formales para cumplir con regulaciones, sin embargo, estos no entregan valor al cliente de manera directa.	Diseño de una metodología híbrida utilizando prácticas de CMMI y prácticas de procesos ágiles.	Se obtuvo un proceso ágil, mientras que se cumplieron los requerimientos de documentación para la regulación FDA.
P5	La implementación de Lean en desarrollo de software requiere un gran cambio, y tratar de cambiar toda la organización a la vez a menudo conduce al fallo.	Propuesta de SPI-LEAM, método que ayuda a las organizaciones a alcanzar procesos lean de manera incremental a través de mejora continua.	El método permite el desarrollo de una mejora continua que conduce a procesos lean, a la vez que evita la resistencia al cambio.
P6	Aun no se ha establecido un proceso de desarrollo que cubra completamente el ciclo de vida SPLE utilizando prácticas ágiles.	SPLICE: un proceso de desarrollo ligero que combina prácticas de líneas de productos de software (SPLE) y prácticas ágiles.	Se cumple con 3 aspectos clave evaluados: Interacciones cortas y adecuadas, posibilidades para adaptar actividades y tareas, y retroalimentación continúa
P7	Un desafío para las organizaciones es la adhesión a niveles de madurez mediante el uso de procesos ligeros que requieren bajos niveles de esfuerzo.	Se aplica el método de revisión sistemática para evaluar, sintetizar y presentar los resultados sobre el uso de CMMI en combinación con desarrollo ágil de software.	Se pueden alcanzar los niveles 2 y 3 de CMMI con el uso de prácticas ágiles, sin embargo, por sí solas, las metodologías ágiles no son suficientes para obtener un nivel, requiriendo prácticas adicionales.
P8	Los modelos de SPI no toman en cuenta las características de las PyMEs, ni presentan un proceso explícito para guiar la ejecución de la mejora.	Propuesta de un proceso ligero para incorporar mejoras en pequeñas empresas utilizando al método Scrum para guiar la implementación de mejoras.	El esfuerzo necesario para las actividades de mejora fue apropiado para los recursos de la organización y gracias a Scrum las oportunidades de mejora se incorporaron de manera más cómoda.

Tabla 4 – Comparativa de propuestas

Las propuestas analizadas son:

- P1. Mapping CMMI Level 2 to Scrum Practices: An Experience Report (Diaz, Garbajosa, & Calvo-Manzano, 2009).
- P2. A Framework of Software Process Tailoring for Small and Medium Size IT Companies (Akbar, Hassan, & Abdullah, 2012).
- P3. A Proposed Methodology for Establishing Software Process Development Improvement for Small Software Development Firms (Al-Tarawneh, Abdullah, & Ali, 2011).
- P4. Software Development Practice for FDA-Compliant Medical Devices (Lin & Fan, 2009).
- P5. Software Process Improvement through the Lean Measurement (SPI-LEAM) method (Petersen & Wohlin, 2010).
- P6. SPLICE: A Lightweight Software Product Line Development Process for Small and Medium Size Process (Vale et al., 2014).
- P7. Using CMMI together with agile software development: A systematic literature review (Selleri Silva et al., 2015).
- P8. Using Scrum to guide the execution of software process improvement in small organizations (Pino, Pedreira, García, Luaces, & Piattini, 2010).

En la Tabla 5 se analizan el grado en el que las estrategias identificadas para aligerar procesos son cubiertas por las ocho propuestas analizadas, así mismo se agrega el modelo, estándar o metodología ágil que implementa. Para el análisis se utiliza la siguiente nomenclatura: si una característica es cubierta completamente; se utiliza el icono relleno con color negro (■), si la característica es cubierta parcialmente; se utiliza el icono relleno a la mitad (◐), por último, si la característica no es cubierta; se utiliza el icono blanco (□).

Característica		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Combina prácticas formales y prácticas ágiles		■	◐	■	■	◐	■	■	◐
Utiliza técnicas Lean		□	□	□	□	■	□	□	□
Identifica las mejores prácticas de la organización		□	◐	□	◐	◐	□	□	◐
Identifica factores de éxito de las metodologías ágiles		□	■	□	□	□	◐	◐	□
Analiza el proceso de la organización		□	◐	□	□	■	□	□	◐
Modelo / Estándar base:	CMMI	■	□	■	■	□	□	■	□
	ISO/IEC 15504	□	□	□	□	□	□	□	□
Método ágil:	Scrum	■	□	□	◐	□	■	◐	■
	XP	□	□	■	◐	□	□	◐	□

Tabla 5 – Características cubiertas por las propuestas

5. Propuesta de método para aligerar procesos

Con base análisis de las estrategias encontradas en la revisión sistemática, como trabajo en curso se desarrolla una propuesta de un método para aligerar procesos centrándose

en 3 de las estrategias encontradas: combinación de prácticas formales y prácticas ágiles, identificación de las mejores prácticas de la organización y uso de técnicas Lean.

La propuesta del método se compone de 5 pasos mostrados en la Figura 1. Aunque la estrategia más utilizada es el uso de herramientas, esta no fue seleccionada como estrategia para el desarrollo de la propuesta, debido a que las herramientas se enfocan en la automatización del proceso y no en su aligeramiento, sin embargo, son contempladas en el cuarto paso de la propuesta, que consiste en proveer sugerencias de herramientas y técnicas ligeras para llevar a cabo la implementación de las prácticas.

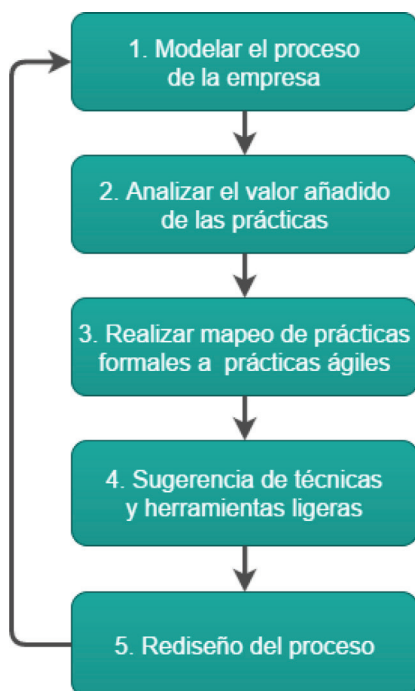


Figura 1 – Propuesta de método para aligerar procesos.

Los objetivos de cada paso del método se describen a continuación:

Modelar el proceso de la empresa: Extraer las prácticas que realmente son llevadas a cabo en la organización y diagramar un proceso en base a ellas.

Analizar el valor añadido de las prácticas: Identificar las prácticas del proceso que no contribuyen a la creación de valor para el cliente o la empresa, así como obtener las mejores prácticas de la organización.

Realizar mapeo de prácticas formales a prácticas ágiles: Identificar prácticas ágiles equivalentes a las prácticas llevadas a cabo en la organización.

Sugerencia de técnicas y herramientas ligeras: Proveen sugerencias de técnicas y herramientas ligeras a llevar a cabo la implementación de las prácticas.

Rediseño del proceso: Rediseñar el proceso de la empresa con los cambios recomendados: quitando prácticas que no añaden valor, cambiando prácticas formales por prácticas ágiles y, sugiriendo técnicas y herramientas ligeras.

6. Conclusiones

Se realizó una revisión sistemática de la literatura para establecer el estado del arte con respecto a estrategias para el aligeramiento de procesos de software.

Entre los resultados se encontró que la estrategia más utilizada para aligerar procesos de software es el uso de herramientas, sin embargo, estas herramientas se centran en la reducción del tiempo y esfuerzo para la ejecución de un proceso, sin realizar un análisis del proceso en sí que permita su optimización. Además, analizando propuestas como la integración de prácticas de métodos formales con prácticas de desarrollo ágil de software y la identificación de prácticas clave o elementos críticos para el éxito de una organización, se concluye que las estrategias utilizadas para aligerar procesos existentes pueden ser integradas para la creación de un método que analice los procesos para su adecuado aligeramiento, tal que, puedan obtenerse procesos optimizados que apoyen a la mejora continua de las organizaciones.

En el análisis realizado a las propuestas existentes da como resultado que no existe una propuesta como la que se está desarrollando como parte de esta investigación. Sin embargo, las estrategias para aligerar procesos encontradas en la revisión sistemática enfocadas en la combinación de prácticas formales y prácticas ágiles, la identificación de las mejores prácticas de la organización y el uso de técnicas Lean sirvieron como base para el desarrollo de una propuesta de un método para aligerar procesos de software, logrando un análisis de las actividades del proceso e involucrando a los usuarios de los procesos. Además se está desarrollando una herramienta para la automatización del uso del método.

Referencias

- Akbar, R., Hassan, M. F., & Abdullah, A. (2012). A framework of software process tailoring for small and medium size IT companies. *2012 International Conference on Computer & Information Science (ICCIS)*, 2, 914–918. <http://doi.org/10.1109/ICCISci.2012.6297156>
- Al-Tarawneh, M. Y., Abdullah, M. S., & Ali, A. B. M. (2011). A proposed methodology for establishing software process development improvement for small software development firms. *Procedia Computer Science*, 3, 893–897. <http://doi.org/10.1016/j.procs.2010.12.146>
- CMMI Product Team. (2010). *CMMI® for Development, Version 1.3*. Pittsburgh, PA.
- Cuevas, G., Jezreel, M., Muñoz, M., & Tomas, S. F. (2010). Experiencia en la Mejora de Procesos de Gestión de Proyectos Utilizando un Entorno de Referencia Multimodelo. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas E Tecnologias de Informação*, 87–100.

- Díaz, J., Garbajosa, J., & Calvo-Manzano, J. a. (2009). Mapping CMMI Level 2 to Scrum Practices: An Experience Report. *Software Process Improvement*, 42, 93–104. <http://doi.org/10.1007/978-3-642-04133-4>
- Garzías, J., Pino, F. J., Piattini, M., & Fernández, C. M. (2013). A maturity model for the Spanish software industry based on ISO standards. *Computer Standards and Interfaces*, 35(6), 616–628. <http://doi.org/10.1016/j.csi.2013.04.002>
- ISO/IEC. (2004). *ISO/IEC 15504 Information Technology – Process Assessment (Parts 1–5)*.
- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. *Engineering*, 2, 1051. <http://doi.org/10.1145/1134285.1134500>
- Kruchten, P. (2011). A plea for lean software process models. *Procs. 2011 International Conference on Software and Systems Process (ICSSP)*, 1(604), 235–236. <http://doi.org/10.1145/1987875.1987919>
- Lin, W. L. W., & Fan, X. F. X. (2009). Software Development Practice for FDA-Compliant Medical Devices. *2009 International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization*, 2, 388–390. <http://doi.org/10.1109/CSO.2009.191>
- Miramontes, J., Muñoz, M., Calvo-Manzano, J. a., & Corona, B. (2016). Establishing the state of the art of frameworks, methods and methodologies focused on lightening software process: A systematic literature review. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 405, 71–85. http://doi.org/10.1007/978-3-319-26285-7_7
- Muñoz, M., Gasca, G., & Valtierra, C. (2014). Caracterizando las necesidades de las pymes para implementar mejoras de procesos software: Una comparativa entre la teoría y la realidad. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas E Tecnologías de Informação*, 1(E1), 1–15. <http://doi.org/10.4304/risti.e1.1-15>
- Petersen, K., & Wohlin, C. (2010). Software process improvement through the Lean Measurement (SPI-LEAM) method. *Journal of Systems and Software*, 83(7), 1275–1287. <http://doi.org/10.1016/j.jss.2010.02.005>
- Pettersson, F., Ivarsson, M., Gorschek, T., & Öhman, P. (2008). A practitioner's guide to light weight software process assessment and improvement planning. *Journal of Systems and Software*, 81(6), 972–995. <http://doi.org/10.1016/j.jss.2007.08.032>
- Pino, F. J., Pedreira, O., García, F., Luaces, M. R., & Piattini, M. (2010). Using Scrum to guide the execution of software process improvement in small organizations. *Journal of Systems and Software*, 83(10), 1662–1677. <http://doi.org/10.1016/j.jss.2010.03.077>
- Rizwan, M., & Hussain, S. a. (2008). An adaptive software development process model. *Advances in Engineering Software*, 39(8), 654–658. <http://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2007.08.001>

- Selleri Silva, F., Soares, F. S. F., Peres, A. L., Azevedo, I. M. De, Vasconcelos, A. P. L. F., Kamei, F. K., & Meira, S. R. D. L. (2015). Using CMMI together with agile software development: A systematic review. *Information and Software Technology*, 58, 20–43. <http://doi.org/10.1016/j.infsof.2014.09.012>
- Vale, T., Cabral, B., Alvim, L., Soares, L., Santos, A., Machado, I., ... Almeida, E. (2014). SPLICE: A Lightweight Software Product Line Development Process for Small and Medium Size Projects. *2014 Eighth Brazilian Symposium on Software Components, Architectures and Reuse*, 42–52. <http://doi.org/10.1109/SBCARS.2014.11>

Una aproximación basada en metamodelado del área de proceso de Validación del CMMI: Un caso de estudio

José de J. Jiménez Puello¹, Tomás San Feliu², Jose A. Calvo-Manzano²

jjimpue@hotmail.com, {tomas.sanfeliu, joseantonio.calvomanzano}@upm.es

¹ Universidad de Panamá, Facultad de Informática, Electrónica y Comunicación, Departamento de Informática, Campus Octavio Méndez Pereira, Panamá, Panamá

² Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Informáticos, Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos e Ingeniería de Software, Boadilla del Monte, 28660, Madrid, España

DOI: 10.17013/risti.17.26-40

Resumen: En el presente artículo se establece una aproximación para la mejora de procesos a través del área de proceso de validación del CMMI, mediante un enfoque basado en metamodelado. Se consideró el área de proceso de Validación, específicamente la meta SG1 preparar la validación. Mediante el metamodelo, se definen una taxonomía de proyectos, la caracterización de pruebas, plantillas de pruebas para el producto a validar, para el entorno de validación, para los procedimientos y criterios de prueba, y un plan de pruebas. La aproximación fue sometida a evaluación, por medio de un caso de estudio. El caso de estudio se llevó a cabo en la Dirección de Informática, de una institución de educación superior pública. La aproximación demostró su validez, ya que, los probadores consideran que les aporta las pruebas específicas para el desarrollo del proceso de validación y les permite preparar la validación para un proyecto determinado.

Palabras-clave: CMMI; mejora de procesos; metamodelo; modelo de madurez; validación de software.

An approach based on metamodelling for the Validation CMMI process area: A case study

Abstract: In this article an approach to process improvement is established through the validation process area of CMMI, by focusing on making a metamodel. Validation process area was considered specifically, SG1 prepare for validation. By the metamodel, a taxonomy of projects, the testing characterization, the testing templates for the product to validate, for the validation environment, for the testing procedures and criteria, and a test plan are defined. The focus was subjected to evaluation by a case study. The case study was conducted in the IT Department of a public higher education institution. The approach proved its validity, since testers feel that it gives them specific tests for the development of the validation process and allows them to prepare validation for a particular project.

Keywords: CMMI; process improvement; metamodel; maturity model; software validation.

1. Introducción

En la actualidad la calidad es considerada como el elemento de mayor importancia y que presenta un impacto directo en cuanto al éxito de un producto software (Faizan, Ulhaq & Khan, 2015). La baja calidad en el software puede ser el origen de algunos problemas como pueden ser la falta de fiabilidad y un mayor mantenimiento del producto (Elhag, Elshaikh, Mohamed & Babar, 2013). El mercado valora, cada vez más, la calidad del software, por consiguiente, las compañías demandan la reducción de errores y sancionan los retrasos en entregas y las cancelaciones de proyectos (Piattini, García, García Rodríguez & Pino, 2014). A pesar de la importancia de las pruebas de software, muchas empresas tienen dificultad para generar el proceso de prueba (Camargo, Ferrari & Fabbri, 2014).

En la práctica, la definición de los mecanismos que pueden adoptarse para mejorar y controlar las fases del proceso de pruebas y el orden en que deben aplicarse, en general, es un tarea difícil (Anderson, 2004). Un gran número organizaciones reconocen que las iniciativas de mejora de los procesos pueden resolver estos problemas (Camargo, Ferrari & Fabbri, 2014, Muñoz, Gasca & Valtierra, 2014). Aunque el uso de buenas prácticas permite reducir el coste de pruebas fallidas o poco fiables, ya que el personal de prueba garantiza que las pruebas funcionen de forma correcta (Kerry & Delgado, 2009).

Es primordial que toda organización que se dedique al desarrollo de TI establezca una serie de mecanismos de control que permitan determinar que su producto cumpla con normas, procesos y estándares de calidad, que garanticen que su producto esté libre de errores, ante el mercado competitivo. Uno de los procesos que aseguran esta competitividad es la validación de software. La validación no es más que la prueba de software en sí (Monteiro, Machado & Kazman, 2009; Oh, Choi, Han & Wong, 2008; Kurokawa & Shinagaw, 2008, Méndez, Pérez, Domínguez & Mendoza, 2010).

Según (Ballou, 2008) todavía las organizaciones tienen que tratar con los defectos de software, un año después de ser entregado. El 55% del software sigue dando problemas dos años después de su implementación, es decir el software presenta problemas en el transcurso de los meses iniciales después de realizada la prueba. Debido a ello muchos proyectos presentan fallos debido a que las funcionalidades del sistema no satisfacen de forma esperada las necesidades de los usuarios en el lugar de trabajo (Cooter, 2008; King, 2008; Davis & Venkatesh, 2004). Lo anterior trae como consecuencia que los proyectos de desarrollo de software fallen debido a pruebas inadecuadas, a pruebas no planificadas o pobres, que indican que el proyecto no está metodológicamente comprobado, lo que ocasiona fallos, probablemente debido a la inadecuada capacitación de los usuarios que desconocen el propósito de las pruebas (Quillen, 2011; Jäntti, 2008).

El problema en la preparación de la validación, debido a la ausencia de planificación y estrategias para abordar las pruebas y la escasa o nula formación por parte de los probadores, incide en un proceso de prueba desorganizado donde los métodos, técnicas, pruebas, entorno de validación, procedimientos y criterios de pruebas de validación no corresponden seguramente al proyecto a validar. Tal como señalan (Iyengar & Karamouzis, 2007), la falta de pruebas y estándares de calidad, como la ausencia de consistencia, son precursores de que sucedan interrupciones en las organizaciones debido a fallos en el software que pueden ser costosos. No hay una definición clara

de los tipos de pruebas que deben aplicarse a un tipo de proyecto específico que cada organización aplica (Causevic, Sundmark & Punnekkat, 2010).

A pesar que la industria y la academia han desarrollado modelos y estándares orientados a la mejora de procesos, mediante la aplicación de buenas prácticas, que incluyen el proceso de validación como son: el modelo de capacidad y madurez integrado para desarrollo versión 1.3 (CMMI), ISO 12207, ISO 9001, IEEE-1012 verificación y validación y el modelo de mejora de procesos del software brasileño (MPS.BR), éstos solo indican “el Qué” sin indicar “el Cómo” (Humphrey *et al.*, 2007, Farooq & Dumke, 2007). Uno de los problemas de la validación es que los modelos establecidos para este proceso son difíciles de utilizar, porque solo indican “el qué hacer” (García Guzmán, de Amescua Seco & Velasco de Diego, 2006).

Además, uno de los mayores problemas en la prueba de software, radica en determinar si de acuerdo al tipo de software, se han realizado las pruebas adecuadas (Desai & Shah, 2011; Nayyar & Rizwan, 2009; Rajamani, 2006). Esto último es determinante en un proyecto porque los problemas que afectan el proceso de validación, inciden en que los proyectos de software fracasen y presente errores, fallos o defectos.

Estos problemas deben abordarse desde la perspectiva de la mejora de procesos a través de un metamodelo, que integre mejores prácticas de prueba para la validación de software. Por consiguiente, se ha desarrollado un metamodelo de validación de software que facilite a las organizaciones establecer la preparación e identificación de las pruebas para realizar la validación de un proyecto.

2. Trabajos relacionados

Un metamodelo es presentado por (Fleurey, Steel & Baudry, 2004), para técnicas de validación de software en el entorno de la arquitectura dirigida por modelos. Los autores sugieren que a través de un modelo de pruebas se puede establecer técnicas de pruebas funcionales y estructurales, incluso otros tipos prueba como la de mutación para mejorar la calidad de la prueba. Pero resaltan que queda mucho por hacer hasta que no se normalice el lenguaje para el modelo de transformaciones. Por su parte (Fleurey, Steel, Baudry & Le Traon) establecen un metamodelo basado en generación de datos de pruebas denominados (modelos de pruebas) para modelos de transformación en el contexto de la arquitectura dirigida por modelos, como mecanismo de comprobar las transformaciones que tiene que realizar los modelos generados. Para ello, implementa un algoritmo que crea modelos de pruebas de un metamodelo. (Hsue, Shenm, Yang & Yang 2008) presentan un metamodelo que aplica un modelo de simulación para comprobar la definición de procesos implementados en SPEM, mediante las prácticas de validación del CMMI. En (Sadilek & Weißleder, 2008) proponen un metamodelo para pruebas de metamodelos, que determine la existencia de errores en los metamodelos. Para ello, se enfoca en un metamodelo de prueba automatizado basado en una especificación de prueba. (Hernández, King & Clarke, 2008), establecen un metamodelo para soportar pruebas de regresión para aplicaciones Web, debido al rápido cambio en la tecnología, lo que genera que las aplicaciones que migran de forma continua no puedan validarse debido al cambio de las plataforma y de las pruebas. (Lévesque, 2009) proponen un metamodelo para pruebas de unidad para lenguaje de programación orientado a objeto,

que facilita escribir pruebas de unidad dentro de las clases para que sean probadas. (Marin, Vos, Giachetti, Baars & Tonella, 2011), proponen una metodología de prueba para aplicaciones Web, mediante la integración de búsqueda de pruebas, a través de un metamodelo de prueba que implementa la metodología.

Los metamodelos descritos no resuelven la problemática de preparar la validación y tampoco identifican las pruebas a la que debe someterse un proyecto específico. Además aplican el concepto de metamodelo definido para la arquitectura dirigida por modelos, que como señala (Muñoz, 2003) un metamodelo es un soporte para crear y desarrollar modelos a partir de un modelo.

Por el contrario, el metamodelo a plantear, debe resolver la problemática de preparar la validación. El metamodelo consiste en una solución innovadora referente a los modelos y estándares existentes, ya que, proporciona “el cómo hacer” identificando y aplicando las prácticas de validación para la mejora del proceso de validación. El metamodelo diseñado no aplica el concepto de metamodelo de la arquitectura dirigida por modelos que trata sobre la transformación de modelos.

3. Metamodelo para validación de software

El metamodelo que se presenta toma como referente el concepto de que a partir de un modelo se podrán definir otros modelos. Es decir, el metamodelo permite que se puedan establecer modelos para preparar la validación acordes a diferentes proyectos, tomando como referente la estructura base del metamodelo que a su vez es el modelo. El metamodelo desarrollado está basado en el modelo CMMI para desarrollo v.1.3, que al ser un metamodelo puede derivar otros modelos. El CMMI está integrado por áreas de procesos, el área de proceso seleccionada para la definición del metamodelo es el área de procesos de validación, y su meta específica preparar la validación que incluye las prácticas específicas (SP 1.1. Seleccionar los productos a validar, SP 1.2. Establecer el entorno de validación y SP 1.3 Establecer los procedimientos y criterios de validación). Estas prácticas específicas permiten organizar y establecer el proceso de preparación de la validación de software para luego ejecutar la validación. El metamodelo basado en estas prácticas específicas, representa un marco para establecer los aspectos que debe tomar en cuenta una organización de desarrollo de software al momento de validar el software desarrollado.

3.1. Diseño del Metamodelo

El metamodelo está organizado a partir de una taxonomía de proyectos de software, un método para caracterización de pruebas, plantillas de prueba y el plan de pruebas como resultado de la aplicación de las prácticas específicas definidas para preparar la validación (Fig. 1).

La taxonomía (Fig. 2) define una serie de categorías, y subcategorías de proyectos, que establece los proyectos específicos en base a su tecnología para desarrollo de software (Calvo-Manzano, Cuevas, San Feliu & Jiménez, 2015). Otro elemento del metamodelo, es la caracterización de pruebas que permite identificar cuáles son las pruebas de software que deben ser aplicadas a un proyecto específico para validarlo Calvo-Manzano, Cuevas, San Feliu & Jiménez, 2015).

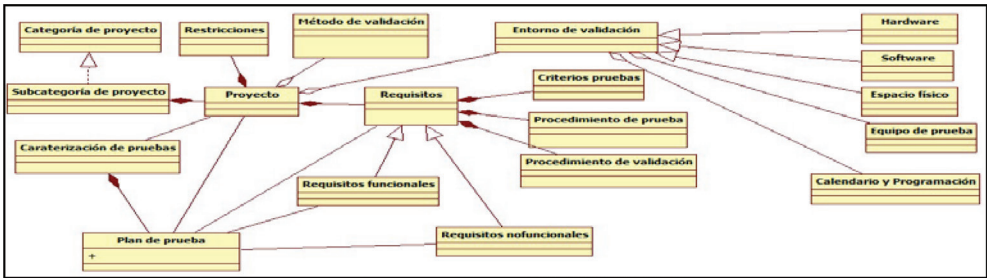


Figura 1 – Metamodelo para validación.

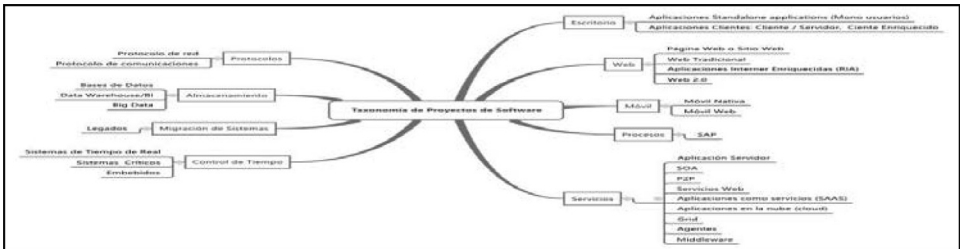


Figura 2 – Taxonomía

La caracterización establece un método (Fig. 3.) para identificar las pruebas de acuerdo a un proyecto determinado.

El metamodelo además, establece una serie de plantillas de prueba basadas en las prácticas SP 1.1, SP 1.2 y SP 1.3. La plantilla que corresponde a la práctica SP 1.1 establecer el producto, está conformada por el producto a validar (proyecto software), los requisitos, restricciones de validación del producto y el método de validación.

El producto se selecciona a partir de la taxonomía de proyectos. Para cada producto se debe seleccionar la categoría y subcategoría del proyecto a la que pertenece el producto. Además, se identifica el alcance del proyecto y si el producto es un proyecto o componente de proyecto, las restricciones que presenta el producto y se establecen los requisitos funcionales y no funcionales que deben comprobarse en el producto (Fig. 4).

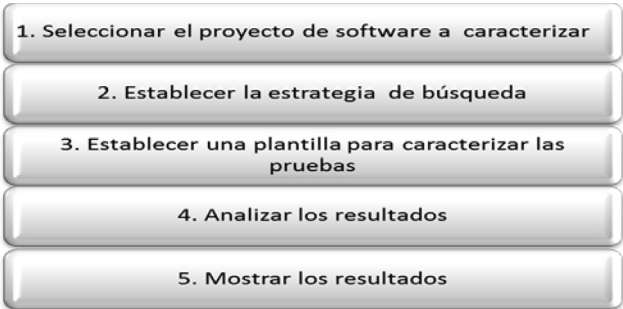


Figura 3 – Método para caracterización

Figura 4 – Establecer el producto

La plantilla de la práctica SP 1.2 establecer el entorno de validación, implica los recursos de software, hardware, datos de pruebas, comunicación de datos, equipo de pruebas, útiles de oficina, espacio físico, calendario y programación de las pruebas. El entorno de validación establece los elementos que deben considerarse para probar los requisitos del producto según el proyecto o componente de proyecto (Fig. 5).

Figura 5 – Entorno de validación

Como parte del entorno de validación, está el equipo de prueba. Este se refiere al personal asignado para llevar a cabo las diferentes pruebas de cada requisito del producto. Se determina la responsabilidad dentro del equipo de prueba de cada persona y a que entorno de prueba está asignado (Fig. 6).

Por su parte la plantilla de la práctica SP 1.3, incluye: el procedimiento y criterios de validación. El procedimiento de prueba describe el caso de uso y el caso de prueba que debe ser utilizado para probar el requisito del producto. Por medio del procedimiento de prueba el probador comprueba si el requisito cumple o no con el resultado esperado (Fig.7).

Los criterios de prueba de validación, permiten determinar si la prueba del requisito pasó o falló, según los datos de entrada y salida que se obtiene con la prueba. Permite describir el fallo y si la prueba fue suspendida o reanudada. Además incluye la fecha a

Equipo de Prueba	
Id. de Personal	1
Id. Entorno	
Nombre del Personal	
Tipo de Personal de Prueba	Gestor de prueba Lider de prueba Asesor de prueba
Responsabilidad	
Correo Electronico	
Fecha de Asignacion	

Figura 6 – Equipo de prueba

Procedimiento Prueba	
Id. Procedimiento de Prueba	1
Id. Caso d Prueba	
Id. Requisito	
Id. Proyecto	
Id. Personal	
Caso de Uso Descripción	
Casode Prueba Descripción	

Figura 7 – Procedimiento de pruebas

Criterio de Prueba de Validación	
Id. Criterio	{Nuevo}
Descripción del Criterio	
Id. Requisito	
Id. Proyecto	
Id. Personal	
Entrada	
Salida	
Paso/Fallo	
Descripción del Fallo	
Suspension/Reanudación	
Fecha/Suspensión/Reanudación	

Figura 8 – Equipo de prueba

que corresponde dicho evento. El procedimiento está estrechamente relacionado con el procedimiento de prueba. Lo que ocurra con el caso de prueba repercute en los criterios de prueba de validación (Fig. 8).

Además, el metamodelo incluye un plan de prueba que establece las pruebas a que debe someterse un proyecto como resultado de la caracterización de pruebas (Fig. 9.)

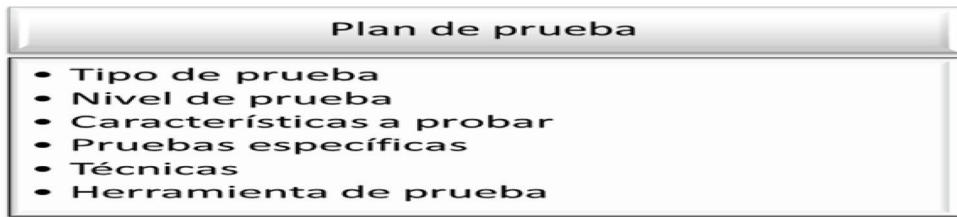


Figura 9 – Plan de prueba

4. Evaluación del metamodelo

En la evaluación del metamodelo se aplicó un caso de estudio acorde con (Wohlin, Höst & Henningsson, 2003), que plantea que una estrategia para caso de estudio, es comparar los resultados de una nueva propuesta y una línea base. Para establecer la línea base se aplicó la técnica de la encuesta a través de un cuestionario. Además, se definieron dos variables como indicadores para determinar el estado actual del proceso de validación, según las prácticas SP1, SP2 y SP3 en la organización de estudio. El cuestionario consta de once ítems (Tabla 1) que se definió para dar soporte a las variables. Se estableció una escala de tipo Likert (1= nunca, 2= pocas veces, 3= muchas veces, 4= casi siempre, 5= siempre) para determinar la frecuencia en la que se considera se ubica cada respuesta afirmativa. Las variables definidas son dos: Estado del proceso de validación y el estado de las pruebas en la organización.

Nº	Preguntas	Si	No	1	2	3	4	5
1	Aplican pruebas específicas al proyecto.							
2	Disponen de una metodología, modelo, guía, marco o referencia para el desarrollo de las pruebas.							
3	Definen un plan de pruebas.							
4	El plan de prueba está basado en los requisitos del usuario y del proyecto.							
5	Antes de validar define que pruebas se deben aplicar al proyecto.							
6	La pruebas se basan en algún estándar de calidad de software.							
7	Aplican técnicas de pruebas.							
8	Utilizan herramientas de pruebas.							
9	Las pruebas tiene definidos los procedimientos y criterios deben ser probados.							
10	Establece un entorno de validación.							
11	Disponen de un equipo de prueba con conocimiento en el desarrollo de pruebas.							

Tabla 1. – Cuestionario para determinar la línea base.

Las respuestas obtenidas en el cuestionario proporcionan información sobre el estado actual del proceso de validación en la unidad de estudio.

4.1. Caso de estudio

El caso de estudio se llevó a cabo en la Dirección de Informática, de una institución de educación superior pública. La dirección de informática tiene a su cargo el desarrollo de software académico, administrativo y financiero de la institución. Se pudo observar la ausencia de una estructura definida para el desarrollo de pruebas de validación, documentación y resultados, por lo que acogió con entusiasmo e interés aplicar el metamodelo en los proyectos de software que desarrolla, para la mejora de sus procesos de validación. Solo dispone de tres analistas programadores encargados del desarrollo de aplicaciones a nivel Web y cliente servidor. Los analistas programadores son los que realizan las pruebas de validación a cada proyecto que desarrollan. Los analistas programadores no tienen formación en validación y pruebas de software. El proyecto seleccionado, en este caso, es un proyecto Web tradicional que forma parte de una subcategoría dentro de la taxonomía de proyectos establecida como elemento del metamodelo.

Línea base

La población encuestada fue de tres analistas programadores, por consiguiente se trabajó con toda la población (N=3). Los resultados del estado del proceso de validación (variable 1), indican carencia de documentación del proceso de validación. El 100% señala que no se aplica metodología alguna, modelo, guía o marco de referencia para el desarrollo de las pruebas de validación de software. Un plan de prueba no se define ni se aplica, probablemente debido a que el personal no tiene conocimiento en pruebas de software (Fig. 10). Sin embargo, el 66% considera que establecen pruebas antes de validar. Esta confusión obedece a que aplican alguna prueba de entrada de datos para comprobar el resultado de salida, que obviamente, no implica que estén desarrollado un proceso organizado de validación del software.

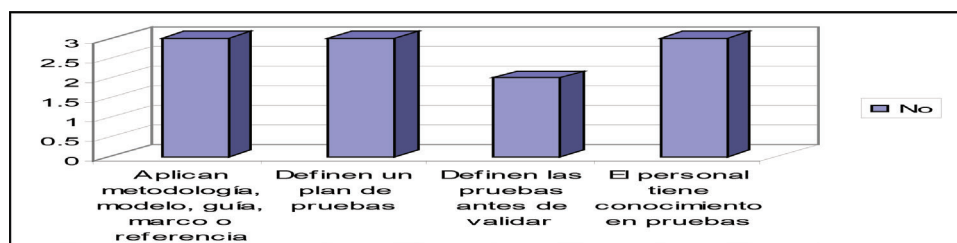


Figura 10 – Estado de la organización del proceso de validación

En cuanto a la variable 2 (pruebas en la organización) (Fig. 11), el 100% señala que no aplican pruebas según un estándar de calidad, no utilizan técnicas de prueba y menos herramientas de prueba y no establecen un entorno de validación. Sin embargo, en la (Fig. 12), el 100% indica que aplican pruebas específicas al proyecto, muchas veces, pero no siempre. Un 66% aplica un plan de prueba según los requisitos del usuario y proyecto. Esto contradice el estado de la organización en cuanto al proceso de validación,

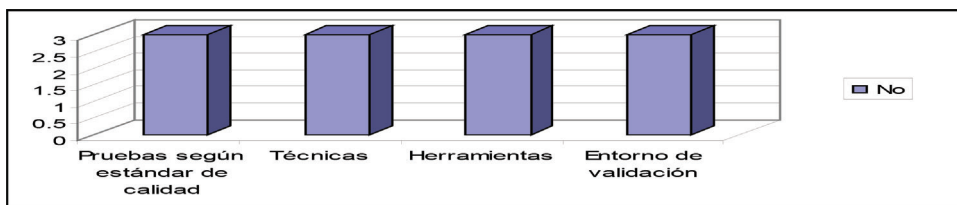


Figura 11 – Pruebas en la organización

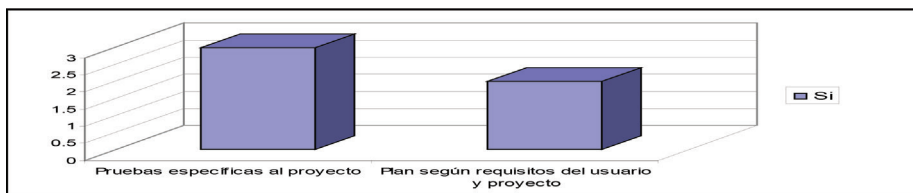


Figura 12 – Pruebas en la organización

ya que, indican que no aplican un plan de prueba. Lo que significa que hacen pruebas de validación y consideran que esto es un plan de pruebas, porque cubren las entradas de datos del proyecto y de esta forma comprueban la funcionalidad, pero esto no significa que aplican un plan de prueba específico al proyecto, que sería lo indicado.

Resultados de la aplicación del metamodelo

La validación del proyecto se realizó según lo especificado por el metamodelo, a través del plan de prueba y las plantillas de prueba aplicadas al proyecto Web. La prueba aplicada fue la funcional y se realizó de forma manual. La técnica utilizada fue la de partición de equivalencia. Previo a la aplicación de la misma se explicó a los tres analistas programadores en qué consistía la prueba y la técnica.

Los resultados de la validación indican que del total de requisitos probados con el metamodelo, un porcentaje significativo (36%) presentó algún tipo de error o fallos. Posterior a la validación del proyecto y obtenidos los resultados, se procedió a aplicar a los tres analistas programadores, una encuesta a través de un cuestionario para determinar la valoración sobre el metamodelo. Los resultados obtenidos a partir del cuestionario se muestran en la Tabla 2.

Los resultados obtenidos permiten establecer y aplicar las pruebas específicas de un proyecto para comprobar que los requisitos del usuario, han sido satisfechos en cuanto a su funcionalidad, tal como se había planteado acerca del metamodelo y su relación con las prácticas de validación. Estos resultados se han dividido y agrupado en dos partes. La primera parte abarca las preguntas sobre la aplicación del plan de prueba y la segunda es sobre la aplicación del metamodelo.

En la (Fig. 13) se observa que el plan de prueba para proyecto Web, proporcionado por el metamodelo es apoyado en un 100% por los probadores. Un alto porcentaje (66%) considera que muchas veces el plan le proporciona las pruebas acordes al proyecto, y un

Nº	Preguntas	Si	No	1	2	3	4	5
1	El metamodelo facilitó el desarrollo de las pruebas.							
2	Las pruebas organizadas en el plan son las apropiadas al proyecto.							
3	El metamodelo le proporcionó técnicas, pruebas, herramientas y criterios de pruebas antes no considerados.							
4	Se detectó ausencia de requisitos, errores, fallos o defectos con el plan de pruebas aplicado.							
5	Con las pruebas aplicadas se dispone de un producto que satisface al usuario.							
6	Utilizaría el metamodelo para validar otros proyectos.							
7	El plan de prueba del metamodelo permite contar con un proyecto fiable, confiable y seguro.							
8	El aplicar el plan de prueba garantizó la calidad del producto.							
9	La aplicación del metamodelo fue satisfactoria en cuanto a los resultados obtenidos a partir de las plantillas..							
10	El metamodelo permitió el aprendizaje durante el desarrollo de las pruebas.							

Tabla 2 – Cuestionario para evaluar el metamodelo

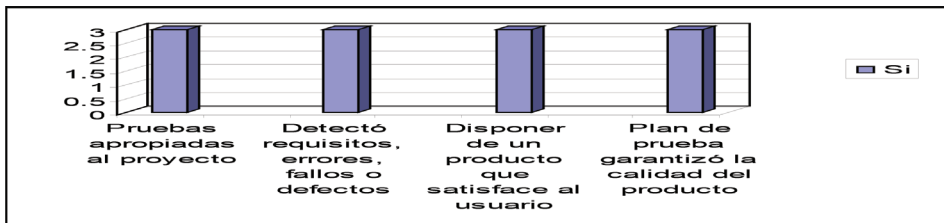


Figura 13 – Aplicación del plan de prueba

34% considera que siempre. Igualess resultados se obtuvieron, al considerar si el plan les permitió detectar ausencia de requisitos, fallos, errores o defectos. Por otro lado, el 66 % considera que el plan de pruebas permite satisfacer los requisitos del usuario casi siempre y el 34% que siempre. Con respecto a la calidad del producto, el 66% considera que casi siempre con el plan se garantiza la calidad del producto y un 34% que muchas veces.

Aplicación del metamodelo

La aplicación del metamodelo resultó muy positiva y de mucha ayuda. Como se observa en la Fig. 14 y Fig. 15, los probadores en un 100% aprueban el metamodelo por los aspectos

siguientes: facilita las prueba, proporciona técnicas de pruebas, herramientas y criterios de pruebas antes no considerados, lo utilizarían para validar otros proyectos, permite contar con un proyecto fiable, confiable y seguro, satisfacción en cuanto a los resultados obtenidos y permitió el aprendizaje durante el desarrollo de las pruebas. Al igual que en el caso anterior un alto porcentaje (66%) considera que el metamodelo facilita las pruebas para un proyecto. Con relación a si proporcionó técnicas, pruebas, herramientas y criterios de pruebas, muchas veces obtuvo el 66%. El 66% de los participantes utilizaría el metamodelo para validar otros proyectos. Este mismo porcentaje señala que “casi siempre” el metamodelo permite contar con un proyecto fiable, confiable y seguro, de satisfacción en cuanto a los resultados obtenidos y que permitió el aprendizaje durante el desarrollo de las pruebas.

5. Conclusión

Se implementó una aproximación basada en metamodelado del área de proceso de Validación del CMMI DEV 1.3, específicamente la meta SG1 preparar la validación. Esta meta incluye las prácticas específicas SP 1.1, SP1. 2 y SP 1. 3. El metamodelo se diseñó en base a la meta preparar la validación, y está conformado por una taxonomía de proyectos de software, un método para la caracterización de pruebas de software, plantillas de pruebas y el plan de pruebas que establece las pruebas para un proyecto específico.

Se aplicó la técnica de estudio de casos para evaluar el metamodelo, mediante un caso práctico, en donde se determinó de forma inicial, que la organización donde se realizó la experimentación del metamodelo, carece de la estructura para preparar la validación y por lo tanto, de un plan de prueba que establezca las pruebas para un proyecto software. Además, se constató la ausencia en la cultura de validación formal de sus proyectos y de la documentación del proceso de validación. El personal en general carece de formación y de conocimiento en pruebas o desconoce de las mismas. Inclusive la organización adolece de una política y estrategia para validación de sus proyectos.

El metamodelo proporciona una guía sistemática y organizada, para preparar la validación, a pesar, de la falta de formación y de conocimiento en pruebas de validación por parte de los probadores. Es importante resaltar que la organización donde se aplicó el estudio es pequeña y por lo tanto, los hallazgos y resultados obtenidos se basan en el contexto de la misma. Los resultados obtenido con el estudio de casos, confirman que los probadores comprobaron que el metamodelo les aporta las pruebas específicas y requeridas para el desarrollo de los procesos de validación. Además, les permite preparar la validación con los requisitos que corresponden a un proyecto determinado, y así ofrecer un software que cumpla con la calidad y con los requisitos del cliente.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido patrocinado por everis Aeroespacial y Defensa, y la Universidad Politécnica de Madrid, a través de la Cátedra de Mejora de Procesos de Software en el Espacio Iberoamericano.

Referencias

- Anderson, J. (2004) TPI a model for test process improvement. Seminar. University of Helsinki, Helsinki – Finland.
- Ballou, M. (2008). Improving Software Quality to Drive Business Agility Sponsored by: Coverity Inc. Retrieved from http://www.coverity.com/library/pdf/IDC_Improving_Software_Quality_June_2008.pdf
- Calvo-Manzano, J., Gonzalo Cuevas, A., San Feliu Gilabert, T. & Jiménez Puello, J. (2015). A Taxonomy for Software Testing Projects. *Sistemas e Tecnologias de Informação, Atas da 10ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*. Águeda, Portugal. AISTI, Universidade de Aveiro Vol. I Artigos Tomo 1, pp 289-294. Editores Álvaro Rocha, Arnaldo Martins, Gonçalo Paiva Dias, Luís Paulo Reis, Manuel Pérez Cota.
- Calvo-Manzano, J., Gonzalo Cuevas, A., San Feliu Gilabert, T. & Jiménez Puello, J. (2015). Characterization of tests focused on validation of software Project. 22nd EuroAsiaSPI Conference. EuroSPI, Turkish Standards Institute, Ankara, Turkey.
- Camargo, K.G., Ferrari, F.C. & Fabbri, S. CPF. (2015). Characterising the state of the practice in software testing through a TMMi-based process. *Journal of Software Engineering Research and Development*, 3:7.
- Causevic, A., Sundmark, D. & Punnekkat, S. (2010). An Industrial Survey on Contemporary Aspects of Software Testing. *Software Testing Verification and Validation (ICST). Third International Conference*, pp. 393-401. doi: 10.1109/ICST.2010.52
- Cooter, M. (2008). Poor software testing hits companies in the pocket Techworld. Retrieved from <http://www.infoworld.com/d/developer-world/poor-software-testing-hits-companies-in-pocket-305>
- Davis, F. & Venkatesh, V. (2004). Toward Preprototype User Acceptance Testing of New Information Systems: Implications for Software Project Management. *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 51, No. 1.
- Desai, A. & Shah, S. (2011). Knowledge management and software testing. *Proceedings of the International Conference & Workshop on Emerging Trends in Technology (ICWET)*. ACM, New York, pp. 767-770.
- Elhag, A.A.M.; Elshaikh, M.A.; Mohamed, R. & Babar, M.I. (2013). Problems and future trends of software process improvement in some Sudanese software organizations. *Computing, Electrical and Electronics Engineering (ICCEEE), International Conference*, pp. 263-268. doi: 10.1109/ICCEEE.2013.6633945
- Faizan, M., Ulhaq, S. & Khan, M.N.A. (2014). Defect Prevention and Process Improvement Methodology for Outsourced Software Projects. *Middle-East Journal of Scientific Research* 19 (5): 674-682. doi: 10.5829/idosi.mejsr.2014.19.5.13669
- Faroog, A. & Dumke, R. (2007). Research Directions in Verification & Validation Process Improvement. *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, vol. 32 (4), pp. 1-3.

- García Guzmán, J., de Amescua Seco, A. & Velasco de Diego, M. (2006). Top 10 De Problemas Relativos a la Mejora del Proceso de Verificación y Validación en Organizaciones Intensivas en Software. Taller sobre Pruebas en Ingeniería del Software (PRIS).
- Hernandez, Y., King, M., Pava, J. & Clarke, P. (2008). A Meta-Model to Support Regression Testing of Web Applications. Retrieved from <http://users.cis.fiu.edu/~clarkep/research/areas/REUPubs/HernandezKingPavaClarke.pdf>
- Humphrey, W. S., Konrad, M. D., Over, J. W. & Peterson, W. C. (2007). Future directions in process improvement. Crosstalk, The Journal of Defense Software Engineering, vol. 20, No. 2.
- Iyengar, P. & Karamouzis, F. (2007). Offshore Application Testing Drives Greater Business Value. Gartner Research, pp. 1-3.
- Jäntti, M. (2008). Difficulties in Managing Software Problems and Defects. Joka Kuopio. Kuopion y Liopiston Julkaisu H. Informaatioteknologia jakauppatieteet 11 Kuopio University Publications H. Business And Information Technology 11 Doctoral dissertation. Retrieved from <http://wanda.uef.fi/uku-vaitokset/vaitokset/2008/isbn978-951-781-990-9.pdf>
- Kerry, E. & Delgado, S. (2009). Applying software engineering practices to produce reliable, high-quality and accurate automated test systems. AUTOTESTCON, IEEE, pp.69-71. doi: 10.1109/AUTEST.2009.5314054
- King, L. (2008). Computerworld UK. Businesses fear lost revenues after poor software testing. Retrieved from <http://www.infoworld.com/d/developer-world/businesses-fear-lost-revenues-after-poor-software-testing-134>
- Kurokawa, T. & Shinagaw M. (2008). Technical Trends and Challenges of Software Testing. Science & Technology Trends Quarterly Review, 29, pp. 34-45.
- Lévesque, M. (2009). A Metamodel of Unit Testing for Object-Oriented Programming Languages. Retrieved from <http://arxiv.org/pdf/0912.3583.pdf>
- Marin, B., Vos, T. Giachetti, G., Baars, A. & Tonella, P. (2011). Towards testing future Web applications, *Research Challenges in Information Science*, pp. 1-12.
- Méndez, E., Pérez, M. A., Domínguez, K. & Mendoza, L. E. (2010). SAM: Sistema Automatizado del Método MECAP para Especificar Casos de Prueba. RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (6), pp. 45-58.
- Monteiro, P., Machado, R. & Kazman, R. (2009). Inception of Software Validation and Verification Practices within CMMI Level 2. ICSEA, pp. 536-541.
- Muñoz, M. (2003). SCMM: Metamodelo para la Creación de Aplicaciones en Redes de Siguiete Generación. Tesis Doctoral. Universidad Carlos III De Madrid, Departamento De Ingeniería Telemática, Doctorado en Tecnologías de las Comunicaciones, Leganés.

- Muñoz, M., Gasca, G. & Valtierra, C. (2014). Caracterizando las Necesidades de las Pymes para Implementar Mejoras de Procesos Software: Una Comparativa entre la Teoría y la Realidad. RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação, no.spe1, pp. 1-15.
- Nayyar, M. & Rizwan, J. (2009). Improvement of Key Problems of Software Testing in Quality Assurance. Sci.Int.(Lahore). 21(1), pp. 25-28. Retrieved from <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1202/1202.2506.pdf>
- Oh, H., Choi, B., Han, H. & Wong, W. (2008). Optimizing Test Process Action Plans by Blending Testing Maturity Model and Design of Experiments. QSIC. The Eighth International Conference on Quality Software, pp. 57-66.
- Piattini, M., García, F., García Rodríguez, I. & Pino, F. (2014). Calidad de Sistemas de Información. Segunda edición, Madrid: Rama, 2014.
- Quillen, R. (2011). Why Some Software Development Projects Fail and What You Can Do About It. Quillen Infrastructure Technologies. Retrieved from http://www.quillenit.com.au/docs/Why_Software_Development_Projects_Fail.pdf
- Rajamani, S. (2006). Automatic Property Checking for Software: Past, Present and Future, *Software Engineering and Formal Methods*, pp. 18-20.
- Sadilek, D. & Weißleder, S. (2008). Testing Metamodels. Model Driven Architecture Foundations and Applications Lecture Notes in Computer Science, vol. 5095, pp 294-309.
- Wohlin, C., Höst, M. & Henningsson, K. (2003). Empirical Research Methods in Software Engineering. ESERNET, pp. 7-23.

Hacia la Creación de un Repositorio Semántico de Modelos de Contexto Basados en i^* y el método DHARMA

Karina Abad¹, Juan Pablo Carvallo¹, Mauricio Espinoza¹, Víctor Saquicela¹

karina.abadr@ucuenca.edu.ec, pablo.carvallo@ucuenca.edu.ec, mauricio.espinoza@ucuenca.edu.ec, victor.saquicela@ucuenca.edu.ec

¹Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad de Cuenca, 010150, Cuenca, Ecuador.

DOI: 10.17013/risti.17.41–56

Resumen: La definición de Arquitecturas de Software de la mayoría de organizaciones requiere una profunda comprensión de su entorno y estructura organizacional; sin embargo, la construcción de dichos modelos no es una tarea fácil debido a las brechas de conocimiento y comunicación entre los interesados, técnicos y administrativos. El método DHARMA, que hace uso intensivo de la notación i^* , propone una solución a este problema, al apoyar la construcción de Modelos de Contexto. En este trabajo se presenta un enfoque para anotación de modelos i^* utilizando tecnologías semánticas, para que apoyen la búsqueda y generación de modelos de contexto basados en el conocimiento definido en el modelo ontológico, permitiendo la creación de un Repositorio Semántico de Modelos de Contexto, que será empleado para descubrir relaciones entre diferentes modelos i^* y extraer patrones de éstos.

Palabras-clave: Modelos de Contexto; Actores de Contexto; Dependencias estratégicas; Ontología; Repositorio Semántico; Datos Enlazados.

Towards the Creation of a Semantic Repository of i^ -Based Context Models and the DHARMA Method*

Abstract: The System Architecture definition of the majority of organizations requires a deep understanding about its environment and organizational structure; however, the construction of such models is not an easy task because of the gap of knowledge and communication between the technical and administrative staff. The DHARMA method, which makes intensive use of the i^* notation, propose a solution to this problem, supporting the building of context models. This paper presents an approach for annotating the i^* models with semantic technologies, to support the search and generation of Context Models based on the knowledge defined in ontological models, allowing the creation of a Semantic Repository of Context Models, which will be used to discover relations between different i^* models and extract patterns from them.

Keywords: Context Models; Context Actors; Strategic Dependency, Ontology, Semantic Repository, Linked Data.

1. Introducción

Las empresas modernas se sustentan en Sistemas de Información (SI) diseñados para gestionar la creciente complejidad de las interacciones con su contexto y su operación. La Arquitectura Empresarial (EA – por sus siglas en inglés) (The Open Group, 2009) es un enfoque cada vez más aceptado, el cual abarca varios niveles de diseño arquitectónico, que partiendo de la estrategia de negocio permiten identificar la Arquitectura de SI. Fases tempranas de EA están usualmente orientadas a modelar el contexto empresarial, con el objeto de entender el propósito de las empresas en su contexto (ej., lo que se requiere de ellas) y ayudar a los encargados de la toma de decisiones a diseñar y refinar sus estrategias de negocio, y a los encargados de desarrollar la EA a entender lo que se requiere de los SI resultantes. Lejos de ser una tarea fácil, la construcción de Modelos de Contexto (MC) suele ser compleja, principalmente debido a las brechas de comunicación entre el personal técnico (por ejemplo, consultores internos y externos) con un conocimiento limitado de la estructura de la empresa, las operaciones y la estrategia, y su contraparte administrativa, los cuales imponen presión y limitaciones de tiempo al proceso.

Con el fin de hacer frente a estos problemas, en los últimos años se ha utilizado intensivamente la notación i^* para cerrar la brecha entre las partes interesadas (stakeholders), consultores técnicos y no técnicos (Carvalho, 2006), y se ha propuesto el método DHARMA (Carvalho & Franch, 2009), para descubrir arquitecturas empresariales partiendo de la construcción de MC expresados en notación i^* .

Adicionalmente en (Carvalho & Franch, 2012) y (Abad, Carvalho, & Peña, 2015), se han propuesto un conjunto de patrones y reglas de instanciación de actores y dependencias, que permiten construir MC de una manera semiautomática. Aunque estas propuestas resultan muy útiles en la práctica, están basadas en técnicas de búsqueda que restringen su aplicación (ej., debido a la dificultad para identificar términos tales como sinónimos y antónimos) y a esto se suman algunos de los riesgos de la ingeniería de requerimientos, como la omisión de requerimientos esenciales y la omisión de requerimientos no funcionales (Jaime Vivas, R., 2012). Para solventar esta dificultad, en este trabajo se propone extender las primeras etapas del método DHARMA con la incorporación de tecnologías semánticas, que permitan mejorar la búsqueda de elementos y la construcción de nuevos MC, basado en un repositorio semántico de MC. Puesto que los modelos i^* serán definidos mediante un modelo semántico formal (ontología), esto permitirá mantener un vocabulario común de representación para compartir conocimiento, y usar capacidades de razonamiento que permitan descubrir relaciones que existen entre diferentes modelos, facilitando la reutilización de experiencias a los arquitectos empresariales.

En este artículo se presenta la descripción del proceso de creación del repositorio semántico de MC expresados en notación i^* . En la sección 2 se hace una breve introducción de la notación i^* y el método DHARMA, se expone el proceso de construcción de MC en la sección 3 y a continuación, en la sección 4, se describe el enfoque utilizado en el proceso de creación del repositorio. Por último, en la sección 5 se presentan las conclusiones y trabajos futuros.

2. Introducción a la Notación i^* y el Método DHARMA

En esta sección se presenta una breve introducción a la notación i^* y el método DHARMA, se muestra un escenario para la construcción de modelos de contexto mediante el uso de patrones y se presentan trabajos relacionados a esta propuesta.

2.1. La notación i^*

El notación i^* fue formulado para representar, modelar y razonar acerca de sistemas socio-técnicos. Su lenguaje de modelado está constituido por un conjunto de constructores gráficos que pueden ser usados en dos modelos: el modelo de *Dependencias Estratégicas* (SD), que permite la representación de actores organizacionales, y el modelo de *Razonamiento Estratégico* (SR), que representa la lógica al interior de los actores. El presente trabajo hace uso intensivo de modelos SD, por lo que la explicación se enfoca en sus constructores.

Los actores de los modelos SD son representados por un círculo, estos se pueden relacionar por medio de relaciones is-a (subclasificación) y pueden tener dependencias sociales; una *dependencia* es una relación entre dos actores, tal que uno de ellos (*dependen*) depende de la realización de alguna intención interna (*dependum*) de un segundo actor (*dependee*); la dependencia se caracteriza entonces por un elemento intencional que representa el objeto de la dependencia. Los elementos intencionales primarios son (ver figura 1): *recurso* representado por un rectángulo (ej., *Factura* o *Voucher*), *tarea* representada por un hexágono (omitidas en este trabajo por considerarlas demasiado prescriptivas para una etapa de ingeniería de requerimientos temprana), *objetivo* representado por un óvalo (ej., *Compras Facturadas*) y *objetivo blando* representado por un óvalo achatado (ej., *Pagos Puntuales*); los objetivos representan servicios o requerimientos funcionales, los objetivos blandos representan objetivos que puede ser parcialmente satisfechos o que requieren de un acuerdo adicional acerca de cómo se debe satisfacer y son usualmente introducidos para representar requerimientos no funcionales y de calidad, los recursos por su parte representan elementos físicos o lógicos requeridos para satisfacer un objetivo, mientras que las tareas representan una forma específica de alcanzarlos.

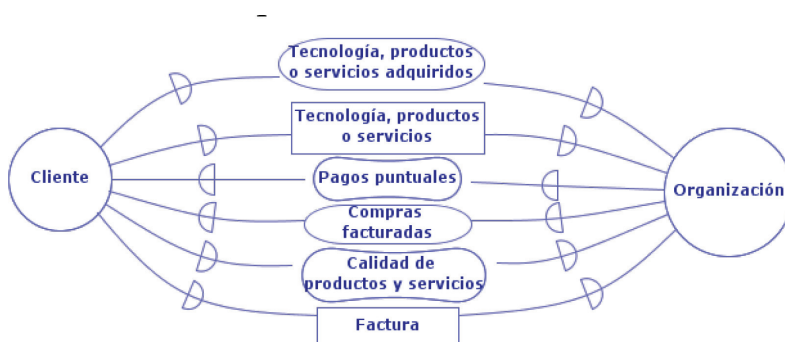


Figura 1 – Extracto de un Modelo de Contexto que representa la intencionalidad entre los actores *Organización* y *Cliente*

2.2. El Método DHARMA

El Método DHARMA (*Discovering Hybrid ARchitectures by Modelling Actors*, por sus siglas en inglés) tiene por objetivo definir la Arquitectura Empresarial utilizando la notación *i** como herramienta fundamental de modelado; su marco estratégico está basado en el modelo de las *fuerzas de mercado* y la *cadena de valor* descritos por Porter (Porter, 1980). El primer modelo (las fuerzas de mercado) está diseñado para analizar la influencia de las cinco fuerzas en el contexto de la organización (*amenaza de nuevos entrantes, sustitutos, poder de negociación de los clientes, poder de negociación de los proveedores, y rivalidad entre competidores*) y razonar acerca de las potenciales estrategias disponibles para hacerlo rentable. Por otra parte, con el fin de balancear las fuerzas de mercado, las empresas necesitan adoptar una organización interna conocida como *Cadena de Valor*, la cual engloba las cinco actividades primarias de valor (*logística de entrada, operaciones, logística de salida, mercadeo y ventas y soporte*) y cuatro actividades de soporte (*infraestructura, administración de recursos humanos, desarrollo tecnológico y abastecimiento*) requeridas para generar valor y eventualmente un margen (diferencia entre el valor total generado y el costo de realizar las actividades de valor), las actividades primarias son el núcleo y son específicas del negocio mientras que las de soporte son transversales a todas ellas. Aplicando esta teoría, el método DHARMA ha sido aplicado y contrastado en varios casos de estudio a nivel industrial, lo cual ha permitido identificar oportunidades de mejora, algunas de las cuales se presentan en este artículo.

El método DHARMA se estructura en cuatro actividades principales que se explican a continuación.

- **Actividad 1: Modelado del contexto y el ámbito de la organización.** La organización y su estrategia son estudiados en detalle a fin de identificar el rol que juega en relación a su contexto, este análisis hace evidentes los Actores de Contexto (CA) y las Áreas Organizacionales (OA) que la estructuran, los cuales según DHARMA pueden ser de cuatro tipos (personas, organizaciones, hardware y software). Los CA son identificados en relación a las fuerzas de mercado y analizados en relación a cada OA en la cadena de valor, con el fin de identificar necesidades estratégicas entre ellos (Dependencias de Contexto –CD-); además, las OAs son analizadas entre ellas con el objetivo de identificar sus interacciones estratégicas (Dependencias Internas –ID-). Como resultado, modelos *i** SD son construidos y utilizados para soportar el razonamiento y presentar los resultados de esta actividad, varios MC son construidos desde la perspectiva de cada OA, incluyendo sus CA y OAs relacionados, así como sus CD e ID; los modelos resultantes son finalmente combinados en un solo Modelo de Contexto empresarial (Figura 2. Actividad 1).
- **Actividad 2: Modelado del contexto del SI.** Analiza un SI a ser implantado en la organización (puede ser un sistema de información puro o un híbrido que incluya componentes de hardware, software o hardware con software embebido) y el impacto que éste tendría en relación a los elementos incluidos en el MC. Las dependencias estratégicas identificadas en la actividad anterior (internas

y de contexto), son analizadas en detalle con el objeto de determinar cuáles pueden ser satisfechas total o parcialmente por el SI, estas dependencias son redirigidas dentro del diagrama i^* SD hacia el SI. Este modelo incluye también a la organización como un actor en el entorno del SI, en el cual, sus necesidades son modeladas como dependencias estratégicas sobre el mismo SI (Figura 2. Actividad 2).

- **Actividad 3: Descomposición de los objetivos del SI.** En esta actividad, las dependencias incluidas en el MC del SI son analizadas y descompuestas en una jerarquía de objetivos que son necesarios para satisfacer las dependencias estratégicas establecidas por los actores en su contexto, estos objetivos representan los servicios que el SI debería proveer para apoyar la interacción con las actividades de los CA y OA. Como resultado, un diagrama i^* SR del sistema es construido, usando enlaces medio-fin¹ de tipo objetivo-objetivo (representando una descomposición de objetivos en sub-objetivos) (Figura 2. Actividad 3).
- **Actividad 4: Identificación de la arquitectura del SI.** Finalmente, los objetivos incluidos en el modelo SR del SI son analizados y sistemáticamente agrupados en Actores del Sistema (SA). Estos objetivos son asociados en grupos de servicios de acuerdo a un análisis de las dependencias estratégicas con el entorno y una exploración del mercado de componentes existentes; las relaciones

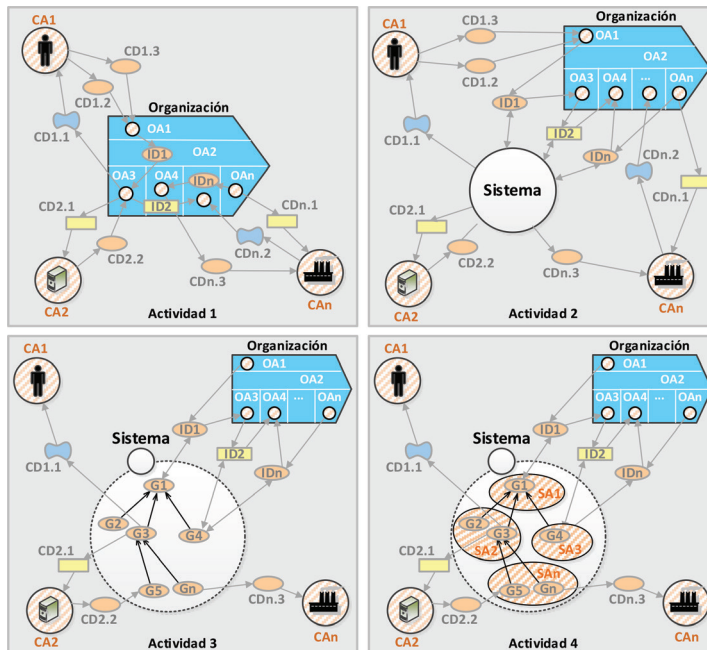


Figura 2 – El Método DHARMA

¹ Enlaces medio-fin: indican una relación entre un extremo y un medio para alcanzarlo (<http://istar.rwth-aachen.de/tiki-index.php?page=Means-Ends+Links&structure=i%2A+Guide>)

entre los diferentes SA que forman la arquitectura del SI son descritas de acuerdo a la dirección de los enlaces medio-fin que existen entre los objetivos incluidos dentro de ellos. Los SA resultantes no serán tratados como componentes de software, puesto que éstos representan dominios de software atómicos para los cuales pueden ocurrir varias situaciones: pueden ser componentes de software que cubran la funcionalidad de varios SA, la funcionalidad de un solo SA puede ser cubierta por diferentes componentes de software debido a su ubicación, por ejemplo aplicaciones locales y móviles, o, pueden existir casos para los cuales no exista componentes de software, lo que lleva a la necesidad de software a la medida (Figura 2. Actividad 4).

2.3. Problemas Asociados a la Creación Automática de Modelos de Contexto

A pesar de las guías propuestas en (Carvallo & Franch, 2009), la construcción de MC suele ser realizada de una manera manual y ad-hoc; sin embargo, en (Carvallo & Franch, 2012) y (Abad, Carvallo, & Peña, 2015) se presentan alternativas más sistemáticas que permiten reutilizar elementos de MC (actores y dependencias), contenidos en patrones, estos patrones son usados para apoyar en la construcción de MC i* SD desde cero y eventualmente automatizar este proceso. Concretamente en (Abad, Carvallo, & Peña, 2015) se han identificado varias dimensiones ortogonales útiles para clasificar actores genéricos (a modo de ejemplo ver tabla 1 en relación al actor genérico *Cliente*), cada una de estas dimensiones tiene un conjunto de etiquetas de valor asociadas, las que representan potenciales instancias de actores, las etiquetas tienen a su vez asignados conjuntos de dependencias genéricas asociadas. Basado en esta tabla, los profesionales (ingenieros informáticos y personal administrativo) pueden identificar sistemáticamente un gran número de actores en su contexto operacional, seleccionando y combinando las etiquetas de cada dimensión. Para ilustrar el enfoque, se va a considerar las dos primeras etiquetas de tres de las dimensiones de categorización de *Clientes* incluidas en la tabla 1, *frecuencia/volumen*, *canal de distribución* y *forma de pago*. En este caso, 12 combinaciones de etiquetas son posibles: *Potencial Mayorista a Crédito*, *Potencial Minorista a Efectivo*, *Nuevo Mayorista a Crédito*, *Nuevo Mayorista en Efectivo*, *Importante Mayorista a Crédito*, *Importante Mayorista en Efectivo*, *Potencial Minorista a Crédito*, *Potencial Minorista en Efectivo*, *Nuevo Minorista a Crédito*, *Nuevo Minorista en Efectivo*, *Importante Minorista a Crédito* e *Importante Minorista en Efectivo*.

Suponiendo que en un caso particular el Cliente Nuevo Mayorista a Crédito se ha seleccionado de este conjunto de combinaciones, entonces todas las dependencias asociadas a las etiquetas serán las dependencias potenciales a ser incluida en el MC de la organización, de esta manera, la identificación de las dependencias también puede ser automatizada. Si bien esta forma de operar constituye una contribución significativa, tiene el problema que las etiquetas y las dependencias asociadas son “fijas”, lo cual introduce un problema importante desde el punto de vista semántico, al desconocer por ejemplo etiquetas con significado relacionado a las definidas en la tabla.

De esta manera, si se elige por ejemplo la palabra “consumidor” en lugar de “cliente”, no se reconocería la etiqueta y por tanto no retornaría potenciales dependencias a ser incluidas en el MC.

Actor Genérico	Dimensión	Instancia	Dependencias Asociadas	Tipo	Dirección
Clientes	Frecuencia o Volumen	Potencial	Promociones realizadas	Objetivo	>
			Muestras promocionales	Recurso	<
		Nuevo	Tarjeta de membresía	Recurso	>
			Precios especiales de introducción	Obj. blando	>
		Importante	Beneficios VIP garantizados	Objetivo	>
			Atención personalizada	Obj. blando	>
			Tarjetas VIP	Recurso	>
	Canal de distribución	Mayorista	Disponibilidad de productos garantizada	Objetivo	>
			Acuerdo de distribución firmado	Objetivo	<
		Minorista	Reabastecimiento en pequeñas cantidades	Obj. blando	>
			Incrementar ventas a través de tiendas minoristas	Obj. Blando	<
		Segmento de mercado particular	Infraestructura de servicios especializada	Objetivo	>
			Documentos específicos	Recurso	>
	Método de pago	Crédito	Pagos diferidos	Objetivo	>
			Voucher	Recurso	>
		Contado	Rebajas en efectivo	Objetivo	>
			Dinero	Recurso	<
			Productos o servicios adquiridos	Objetivo	<
			Pagos puntuales	Obj. blando	<
			Productos o servicios	Recurso	<
			Calidad de productos o servicios	Obj. blando	>

Tabla 1 – Instancias de Cliente y Dependencias asociadas

2.4. Trabajos Relacionados

El uso de ontologías se ha incrementado en un amplio rango de áreas en los últimos años, esto incluye el uso de modelos semánticos para el modelado de SI. Este trabajo se enfoca en MC obtenidos como resultado del modelado de requerimientos tempranos de acuerdo a las actividades del método DHARMA, se ha realizado un análisis de trabajos relacionados que utilicen ontologías para anotar semánticamente los modelos i^* . Del análisis del estado del arte sobre este tema, se ha encontrado y analizado OntoiStar y OntoiStar+ (Najera, Perini & Estrada, 2011) y (Najera, Martínez, Perini & Estrada, 2013), las cuales son meta-ontologías² usadas para describir modelos i^* , con el objeto de integrar diferentes variantes de i^* ; partiendo de estas ontologías se han desarrollado algunos trabajos relacionados, por ejemplo el desarrollo de TAGOON (Tool for the Automatic Generation of Organizational Ontologies) (Najera, Martínez, Perini & Estrada, 2013); y un método para integrar los constructores variantes de i^* mediante el uso de ontologías (Vázquez, Estrada, Martínez, Morandini & Perini, 2013).

En (Beydoun, Low, Gracia-Sanchez, Valencia-García, & Martínez-Béjar, 2014) se propone la anotación de modelos i^* utilizando una ontología de recuperación, mediante la cual se verificará la validez del modelo basándose en reglas definidas en la ontología y adicionalmente encuentra ontologías de dominio que permiten extender el vocabulario del modelo anotado.

A pesar de que estos trabajos permiten la anotación de modelos i^* , esta propuesta va más allá, buscando la creación de un Repositorio Semántico de Modelos de Contexto, a partir de los cuales un sistema pueda inferir y por ende ayudar a los consultores informáticos a realizar análisis empresariales de una manera más fácil mediante la reutilización e inferencia provista por el repositorio.

Además de las ontologías que describen modelos i^* , se ha realizado la búsqueda e implementación de modelos ontológicos relacionados a la organización y su contexto, debido a que se considera necesaria dicha información para cubrir la primera actividad del método DHARMA, y la cual brindará capacidad de vinculación entre dependencias sociales de organizaciones que cuenten con características de entorno y estrategia similares (sectores, industrias, tamaño, etc.). La ontología Job Offer del proyecto NAZOU (Bieliková, Návrat & Rozinajová, 2005) modela conceptos del dominio de ofertas laborales, y está integrada por diferentes ontologías, siendo de interés para este trabajo, además la ontología Classification Ontology, la cual cuenta con una jerarquía completa de clasificación de Industrias y Sectores ha sido incluida en este trabajo.

3. Proceso de Creación del Repositorio Semántico de Modelos de Contexto

En esta sección se describe una propuesta para la creación de un repositorio semántico utilizando los principios de Linked Data (Berners-Lee, 2006) a partir de modelos i^* obtenidos como resultado de aplicar las dos primeras actividades del método DHARMA.

² Meta-ontologías: Tipo de ontología que especifica las conceptualizaciones que subyacen a los formalismos de representación del conocimiento. (Socorro, Simón, Valdés, Fernández, Moreno, Leyva & Pina, 2008)

El ciclo de publicación de Datos Enlazados comprende una serie de componentes y actividades interrelacionadas (Piedra, N., Chicaiza, J., Quichimbo, P., Saquicela, V., Cadme, E., López, J., Espinoza, M. & Tovar, E., 2015), por lo que esta propuesta está basada en los lineamientos definidos por el Grupo de Trabajo de la W3C (W3C Working Group, 2014), las guías propuestas en (Villazón-Terrazas, 2011). En esta propuesta se distinguen siete fases, las cuales se describen a continuación.

3.1. Preparación de Datos

Los productos de trabajo de cada actividad del Método DHARMA son un conjunto de modelos i^* , los cuales pueden ser utilizados como fuentes de datos para suministrar información a un repositorio semántico, en el cual los MC puedan ser representados mediante ontologías. Este trabajo se enfoca principalmente en las dos primeras actividades del Método DHARMA.

El MC resultante de la primera actividad, puede ser expresado de manera tabular, utilizando una tabla estructurada por los campos (ver tabla 2): *Actor1*, *Actor2*, *Dependencia*, *Tipo* y *Dirección*; donde Actor1 y Actor2 pueden llevar a cabo el rol de Dependier o Dependee en base al sentido de la dependencia especificado en el campo Dirección. Por su parte, el campo Dependencia describe la interacción estratégica entre Actor1 y Actor2, y el campo Tipo establece el tipo de dependencia: *Objetivo*, *Objetivo blando*, *Recurso* o *Tarea*.

La segunda actividad del método busca establecer aquellas dependencias que pueden ser automatizadas mediante un SI. Desde el punto de vista tabular, basta con extender la tabla resultante de la actividad 1, incluyendo un par de columnas donde se establezca si el sistema puede cubrir de manera Parcial o Total los servicios (funcionalidad) requeridos para satisfacer las dependencias.

Actor1	Actor2	Dependencia	Tipo	Dirección
Cliente	Organización	Tecnología, productos o servicios adquiridos	Objetivo	>
Cliente	Organización	Tecnología, productos o servicios	Recurso	>
Cliente	Organización	Pagos puntuales	Obj. blando	<
Cliente	Organización	Compras facturadas	Objetivo	<
Cliente	Organización	Calidad de productos y servicios	Obj. blando	>
Cliente	Organización	Factura	Recurso	>

Tabla 2 – Representación tabular del MC incluido en la figura 1.

3.2. Selección de la Fuente de Datos

En esta fase se identifican las fuentes de datos a ser procesadas, en este caso se parte de archivos Excel que representan modelos i^* en forma tabular como se mencionó en la sub-sección 3.1. Estos archivos han sido recolectados a lo largo del tiempo en base a experiencias reales en más de 30 empresas a las cuales se aplicó el método DHARMA.

En este trabajo se muestra una primera aproximación usada para transformar los datos sin procesar a formato RDF. Además se cuenta con una tabla elaborada por los autores que describe cada una de las organizaciones estudiadas (su nombre, tamaño, sector e industria de acuerdo a la clasificación NACE³) y que servirá como base para enriquecer a la organización y por ende a sus MC.

3.3. Definición de URIs

En esta tercera fase se definen las URIs que representan los recursos de tal forma que permita identificar de manera única a un modelo i^* . La definición del formato de la URI está basado en las guías definidas por la comunidad (W3C Working Group, 2012). En la tabla 3 se muestran las URIs del proyecto y su descripción, mientras que en la tabla 4 se muestran ejemplos de URIs para cada elemento en el último campo de la Tabla 2.

URI	Descripción
http://www.ucuenca.edu.ec/ontologies/DHARMA.owl#	URI principal
http://www.ucuenca.edu.ec/ontologies/DHARMA.owl# <tipo_entidad/nombre_entidad>	URI para identificar recursos
http://www.ucuenca.edu.ec/ontologies/DHARMA.owl# Dependency/ EmpresaXYZ/Actor1_Dependum_Actor2_Dirección	URI para identificar dependencias

Tabla 3 – Descripción de URIs del proyecto

Elemento	URI
Cliente	http://www.ucuenca.edu.ec/ontologies/DHARMA.owl#Actor/Cliente
Organización	http://www.ucuenca.edu.ec/ontologies/DHARMA.owl#Actor/Organizacion
Factura	http://www.ucuenca.edu.ec/ontologies/DHARMA.owl#Dependum/Factura
Dependencia	http://www.ucuenca.edu.ec/ontologies/DHARMA.owl#Dependency/Organizacion / Cliente_Factura_Organización_o (o - derecha, 1-izquierda)

Tabla 4 – URIs para identificar elementos de la dependencia “Cliente depende de Organización para obtener el recurso Factura”

3.4. Vocabularios

De acuerdo con (W3C Working Group, 2014), los vocabularios estandarizados deberían ser reutilizados tanto como sea posible para facilitar la inclusión y expansión de la Web de Datos. En cuanto a los vocabularios de i^* , como se mencionó en la sección 2.4, existen varias propuestas en la literatura de diferentes autores. Para el contexto de la notación i^* , se ha seleccionado la meta-ontología OntoiStar como esquema principal

³ Nomenclatura estadística de actividades económicas de la Comunidad Europea

para representar modelos i^* (SD y SR). Esta meta-ontología permite modelar todos los elementos de i^* , tanto nodos (actores y dependencias) como relaciones (is-a, medio-fin, etc). En el contexto de la organización se ha decidido utilizar Job Offer Ontology⁴, la cual permite describir la organización y su entorno. Para enlazar los vocabularios se ha utilizado la metodología NEON (Suárez-Figueroa et al., 2012), y como resultado se obtuvo la Red de Ontologías DHARMA.

3.5. Generación de RDF a partir de Modelos i^*

Existen algunas dificultades en la generación de RDF de modelos i^* debido principalmente a la falta de experiencias similares. Actualmente existen varias herramientas que permiten la generación de RDF, sin embargo, una tabla de Excel generada desde un modelo i^* no ha sido probado con estas herramientas. Se ha generado un proceso ETL⁵, el cual a través de un servicio REST permite generar RDF desde un modelo i^* expresado en la forma tabular definida en el método DHARMA.

El primer paso para generar RDF es definir un mapeo entre la ontología OntoiStar y los elementos del MC de la tabla 2, así como un mapeo entre la ontología Job Offer y los elementos de la organización. En la tabla 5 se muestra el mapeo entre los elementos del MC y las clases de cada ontología. La tabla 6 muestra las propiedades de las ontologías empleadas en la anotación.

Nombre de la clase	Descripción	Ontología
Depender	Actor de contexto	OntoiStar
Dependee	Actor de contexto	OntoiStar
Dependum	Elemento intencional de una dependencia	OntoiStar
IntentionalType	Tipo de elemento (Objetivo, objetivo blando, etc.)	OntoiStar
Dependency	Elemento auxiliar entre Dependder, dependum y depende	OntoiStar
DependerLink	Elemento auxiliar entre la Dependencia y el Dependder	OntoiStar
DependumLink	Elemento auxiliar entre la Dependencia y el Dependum	OntoiStar
DependeeLink	Elemento auxiliar entre la Dependencia y el Dependee	OntoiStar
OrganizationSize	Tamaño de la organización	Job Offer
IndustryClassification	Clasificación de industria	Job Offer
SectorClassification	Clasificación de sector	Job Offer

Tabla 5 – Mapeo entre las clases de OntoiStar, Job Offer y los elementos de i^*

⁴ <http://nazou.fiit.stuba.sk/nazou/ontologies/v0.6.17/offer-job>

⁵ Extracción, Transformación y Carga, es el proceso que permite mover datos desde múltiples fuentes, reformatearlos, limpiarlos, y cargarlos en otra base de datos para analizar o apoyar un proceso de negocio.

Propiedades de la ontología	Ontología
has_Dependency_DependentLink_source_ref	OntoiStar
has_Dependency_DependentLink_target_ref	OntoiStar
has_Dependency_DependeeLink_source_ref	OntoiStar
has_Dependency_DependeeLink_target_ref	OntoiStar
has_Dependency_DependumLink_source_ref	OntoiStar
has_Dependency_DependumLink_target_ref	OntoiStar
is-a	OntoiStar
hasSize	Job Offer
has_Organization_Sector	DHARMA
Has_Organization_Industry	DHARMA

Tabla 6 – Propiedades de OntoiStar y Job Offer usadas en la instanciación

Para la generación de RDF se tomaron los 30 MC, y se instanciaron los distintos elementos de acuerdo a la definición de URIS descrito en la sección 3.3. A continuación se muestra un ejemplo de tripletas RDF resultantes de la anotación de una dependencia *i**. En el ejemplo se hace uso de Prefijos por razones de espacio.

Dependencia: **Organización** depende de **Cliente** para obtener **Pagos puntuales**

PREFIX OIS: <http://www.cenidet.edu.mx/OntoiStar.owl#>

PREFIX dharma: <http://www.ucuenca.edu.ec/ontologies/DHARMA.owl#>

PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>

INSERT DATA {

<http://www.ucuenca.edu.ec/ontologies/DHARMA.owl#Actor/OrganizacionLink>
OIS:has_Dependency_DependentLink_target_ref <http://www.ucuenca.edu.ec/ontologies/DHARMA.owl#Actor/Organizacion>.

<http://www.ucuenca.edu.ec/ontologies/DHARMA.owl#Actor/Organizacion> OIS:has_Dependency_DependentLink_source_ref <http://www.ucuenca.edu.ec/ontologies/DHARMA.owl#Dependency/ORGANIZACION_PAGOS_PUNTUALES_CLIENTE_1>.

<http://www.ucuenca.edu.ec/ontologies/DHARMA.owl#Actor/OrganizacionLink> a OIS:DependentLink.

<http://www.ucuenca.edu.ec/ontologies/DHARMA.owl#Actor/ClienteLink> OIS:has_Dependency_DependeeLink_source_ref <http://www.ucuenca.edu.ec/ontologies/DHARMA.owl#Dependency/ORGANIZACION_PAGOS_PUNTUALES_CLIENTE_1>.

<http://www.ucuenca.edu.ec/ontologies/DHARMA.owl#Actor/ClienteLink> OIS:has_Dependency_DependeeLink_target_ref <http://www.ucuenca.edu.ec/ontologies/DHARMA.owl#Actor/Cliente>.

<http://www.ucuenca.edu.ec/ontologies/DHARMA.owl#Actor/ClienteLink> a OIS:DependeeLink.

<http://www.ucuenca.edu.ec/ontologies/DHARMA.owl#Dependum/Pagos_puntualesLink> OIS:has_Dependency_DependumLink_source_ref <http://www.ucuenca.edu.ec/ontologies/DHARMA.owl#Dependency/ORGANIZACION_PAGOS_PUNTUALES_CLIENTE_1>.

<http://www.ucuenca.edu.ec/ontologies/DHARMA.owl#Dependum/Pagos_puntualesLink> OIS:has_Dependency_DependumLink_target_ref <http://www.ucuenca.edu.ec/ontologies/DHARMA.owl#Dependum/Pagos_puntuales>.

```

<http://www.ucuenca.edu.ec/ontologies/DHARMA.owl#Dependum/Pagos_puntualesLink> a OIS:DependumLink.
<http://www.ucuenca.edu.ec/ontologies/DHARMA.owl#Dependency/ORGANIZACION_PAGOS_PUNTUALES_CLIENTE_1> dharm:has_Dependency_Organization_source_ref
<http://www.ucuenca.edu.ec/ontologies/DHARMA.owl#Organization/Organizacion>.
<http://www.ucuenca.edu.ec/ontologies/DHARMA.owl#Dependency/ORGANIZACION_PAGOS_PUNTUALES_CLIENTE_1> a OIS:Dependency.
<http://www.ucuenca.edu.ec/ontologies/DHARMA.owl#Dependency/ORGANIZACION_PAGOS_PUNTUALES_CLIENTE_1> OIS:Node_sannotation "1".
}

```

Este proceso de anotación se realiza para las dependencias de todos los MC y se obtiene como resultado un repositorio semántico de modelos *i** en formato OWL, los cuales son publicados en un Triple Store⁶ para su explotación.

3.6. Enlazando los Datos

Como se mencionó en la revisión de literatura (y hasta donde conocemos) no existe todavía una aproximación de datos enlazados en este contexto; por lo tanto no es posible enlazar los modelos definidos en este trabajo con modelos en otros repositorios.

3.7. Publicación y Explotación

Los datos semánticos generados (RDF) desde modelos *i** fueron cargados en una base de datos especializada en semántica, en este caso se utilizó Apache Marmotta⁷, la cual permite almacenar RDF. Sobre esta base de datos se puede realizar consultas SPARQL⁸, algo similar a una consulta SQL. A continuación se muestra un ejemplo de consulta SPARQL, la cual obtiene una muestra de Dependums instanciados de acuerdo al actor cliente Cliente.

```

SELECT distinct ?Dependum WHERE {
?DependerLink OIS:has_Dependency_DependerLink_target_ref ?DependerE.
?DependerLink OIS:has_Dependency_DependerLink_source_ref ?DependencyURI.
?DependeeLink OIS:has_Dependency_DependeeLink_target_ref ?DependeeE.
?DependeeLink OIS:has_Dependency_DependeeLink_source_ref ?DependencyURI.
?DependumLink OIS:has_Dependency_DependumLink_source_ref ?DependencyURI.
?DependumLink OIS:has_Dependency_DependumLink_target_ref ?DependumE.
?DependumE OIS:has_IntentionalElement_IntentionalType ?IntentionalType.
?DependencyURI dharm:has_Dependency_Organization_source_ref ?organization.
?DependencyURI OIS:Node_sannotation ?direction.
?DependerE rdfs:label ?Actor2.
?DependeeE rdfs:label ?Actor1.
?DependumE rdfs:label ?Dependum. FILTER(?DependeeE=<http://www.ucuenca.edu.ec/ontologies/DHARMA.owl#Actor/Cliente> || ?DependerE=<http://www.ucuenca.edu.ec/ontologies/DHARMA.owl#Actor/Cliente>).}

```

⁶ Triple Store: Base de datos especialmente diseñada para el almacenamiento y consulta de tripletas.

⁷ Apache Marmotta: <http://marmotta.apache.org/>

⁸ SPARQL: Lenguaje de consulta para RDF. <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>

Dependum
ACCESORIOS
AFINIDAD EMOCIONAL CON LA MARCA
ASISTENCIA TECNICA/POST-VENTA
ATENCION INMEDIATA
CALIDAD CONTROLADA
CALIDAD DE PRODUCTOS O SERVICIOS
CALIDAD OBTENIDA
CATALOGO DE ARTICULOS
CATALOGO DE TENDENCIAS
CATALOGO DE VENTAS

Figura 3 – Consulta de Dependencias relacionadas al actor Cliente

4. Conclusiones y Trabajos Futuros

En este trabajo se ha presentado una primera idea de generación de un repositorio semántico de MC basados en i*, siguiendo las mejores prácticas de Linked Data. Basado en los modelos ontológicos seleccionados, se procedió a poblar las ontologías utilizando los datos generados a partir de más de 30 experiencias profesionales sobre diferentes empresas. Los datos fueron cargados en un repositorio semántico, el cual permitió el análisis de los datos a través de consultas SPARQL.

En el futuro se pretende extender el trabajo, iniciando por el desarrollo de una aplicación que permita explotar los datos semánticos generados a través de consultas SPARQL de ejemplo, y además permita extraer patrones similares entre los diferentes modelos i* instanciados dentro del repositorio, basándose en las características del entorno de la aplicación como en las diferentes dependencias creadas. Adicionalmente se pretende extender este trabajo, incluyendo las dos actividades adicionales del método DHARMA, buscando automatizar la inferencia de modelos arquitectónicos de los SI. Estas actividades permitirán descubrir enlaces entre nuestro dataset y la DBPedia mediante el la herramienta Silk, con el fin de compartir la información de los MC y así proveer Datos Enlazados Abiertos (Open Linked Data), que podrán ser accedidos por cualquier persona. Además se planea refinar la ontología DHARMA y enlazarla con ontologías de dominio, esto permitirá enriquecer los modelos i* y crear sistemas de recomendación basados en el conocimiento registrado en el repositorio. También se emplearán ontologías que permitan identificar relaciones lingüísticas como sinonimia, polisemia, homonimia, etc. en las dependencias creadas y evitar redundancia en las recomendaciones de MC que se le puedan hacer a un usuario.

Referencias

- Abad, K., Carvalho, J. P., Peña C.: iStar in Practice: On the Identification of Reusable SD Context Models. 8TH International i* Workshop (iStar'15). (2015).
- Berners-Lee, T.: Linked Data. <http://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>. (2006).
- Beydoun, G., Low, G., Gracia-Sanchez, F., Valencia-García, R., Martínez-Béjar, R.: Identification of Ontologies to Support Information Systems Development.
- Bieliková M, Návrat P, Rozinajová V (2005) Methods and Tools for Acquiring and Presenting Information and Knowledge in the Web. In: Proc. of International Conference on Computer Systems and Technologies – CompSysTech' 2005. Varna, Bulgaria
- Carvalho, J. P.: Supporting Organizational Induction and Goals Alignment for COTS Components Selection by Means of i*. ICCBSS (2006).
- Carvalho, J. P., Franch, X.: Building Strategic Enterprise Context Models with i*: A Pattern-Based Approach. 5TH International i* Workshop (iStar'11), (2012).
- Carvalho, J. P., Franch, X.: On the Use of i* for Architecting Hybrid Systems: A Method and an Evaluation Report. PoEM (2009).
- Jaime Vivas, R.: Modelamiento semántico con Dinámica de Sistemas en el proceso de desarrollo de software. Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información, N° 10, pp 19–33. (2012).
- Najera, K., Martinez, A., Perini, A., Estrada, H.: An Ontology-Based Methodology for Integrating i* Variants. Proceedings of the 6TH International iStar Workshop (iStar 2013). (2013).
- Najera, K., Martinez, A., Perini, A., Estrada, H.: Supporting i* Model Integration Through an Ontology-Based Approach. 5TH International i* Workshop (iStar'11), 43–48, (2011).
- Piedra, N., Chicaiza, J., Quichimbo, P., Saquicela, V., Cadme, E., López, J., Espinoza, M. & Tovar, E.: Marco de Trabajo para la Integración de Recursos Digitales Basado en un Enfoque de Web Semántica. Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información, N° E3, pp 55–70. (2015).
- Porter, M.: Competitive Strategy. Free Press. New York, United States (1980).
- Socorro, R., Simón, A., Valdés, R., Fernández, F., Rosete, A., Moreno, M., Leyva, E., Pina, J.: Las ontologías en la representación del conocimiento. Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”. (2008).
- Suárez-Figueroa, M.C., Gómez-Perez, A., Motta, E., Gangemmi, A. (Eds.): Ontology Engineering in a Networked World. Springer Berlin Heidelberg. 444pp. (2012).

The Open Group: The Open Group Architecture Framework (TOGAF) version 9. (2009).

Vazquez, B., Estrada, H., Martinez, A., Morandini, M., Perini, A.: Extension and Integration of i* Models with Ontologies. Proceedings of the 6TH International iStar Workshop (iStar 2013). (2013).

Villazón-Terrazas, B.: Best Practices for Publishing Linked Data. (2011).

W3C Working Group: Best Practices for Publishing Linked Data. <http://www.w3.org/TR/ld-bp/>. (2014).

W3C Working Group: Best Practices URI Construction. http://www.w3.org/2011/gld/wiki/223_Best_Practices_URI_Construction. (2012).

Yu, E.: Modelling strategic relationships for process reengineering. (1995).

MIMSG: Un Modelo para la Integración de MiPyMES, Sociedad y Gobierno de la zona Metropolitana de Orizaba en el uso de las TIC

Ricardo O. Raygoza¹, Sergio D. Ixmattlahua¹, y Omar Romero¹

raygozcc@gmail.com, sergio.ixmatlahua@outlook.com., isc.romeroo@gmail.com

¹Departamento de Sistemas y Computación, Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, 94300, Orizaba, Veracruz, México

DOI: 10.17013/risti.17.57-65

Resumen: Desde hace poco más de dos décadas, el uso de las TIC se han convertido en un factor muy importante en el desarrollo de sociedades modernas con el objeto de mejorar su calidad de vida, con lo cual han surgido conceptos como el de ciudades inteligentes y ciudades digitales. En este sentido, sectores como el empresarial, social y gobierno han apostado por el uso de las TIC. Sin embargo, estos sectores en México y en el caso específico de la zona Metropolitana de Orizaba, no cuentan con las estrategias e infraestructura necesarias para un aprovechamiento real en el uso de las TIC. Con base a lo anterior, en este trabajo se presenta un modelo para integración de MiPyMES - Sociedad – Gobierno que pretende maximizar al uso de las TIC, disminuir la brecha digital y aumentar la competitividad de estos sectores, así como la mejora calidad de vida de la sociedad.

Palabras clave: TIC, Plataformas Web abierta, MiPyMES, Smart City, Gobierno TI.

MIMSG: A Model to Integrate SMEs, Society and Government from the Orizaba Metropolitan area in the use of ICT

Abstract: For just over two decades, the use of ICT have become very important in the development of modern societies in order to improve their quality of life factor, which have emerged concepts such as smart cities and towns digital . In this sense, sectors such as business, social and government have opted for the use of ICT. However, these sectors in Mexico and in the specific case of the metropolitan area of Orizaba, do not have the strategies and infrastructure needed for real progress in the use of ICT. Society - - Based on the above, in this work a model for integration of MSMEs presents Government aims to maximize the use of ICT, reduce digital divide and increase the competitiveness of these sectors, as well as improving quality of life the society.

Keywords: ICT, Open Web Platforms, small business, Smart City, government IT.

1. Introducción

Es innegable que las herramientas tecnológicas se han convertido en un factor indispensable para alcanzar mejores condiciones de bienestar y desarrollo entre la Sociedad, Empresa y Gobierno. Las TIC en la actualidad son un pilar en el desarrollo competitivo de México; sin embargo, la competitividad de un país está ligada íntimamente al uso y aprovechamiento de las TIC (Sigg, 2014).

En este sentido, el Instituto Mexicano para la Competitividad IMCO (Palacios, 2012) menciona que el nivel de competitividad en el país ha avanzado, pero no lo ha hecho a la rapidez que lo han logrado otros países. En dicho estudio, muestran los resultados del índice de competitividad Networked Readiness Index, que el Foro Mundial de Economía (WEF) utiliza para medir los niveles de competitividad de México respecto al mundo. El índice evalúa 10 variables agrupadas en cuatro subíndices: entorno, preparación TIC, utilización de TIC e impacto. De acuerdo a lo anterior, el trabajo presentado en este artículo hace referencia al tercer subíndice sobre la utilización de las TIC, en el cual se muestra el nivel que tiene México respecto del resto de Latinoamérica y economías avanzadas, ya que este subíndice analiza datos de uso de las TIC entre los individuos (sociedad), las empresas y el gobierno.

Aunque Internet ha revolucionado la gestión de las MiPyMES gracias a la penetración y uso entre la población, América latina cuenta con altas tasas de desconexión, al tiempo que no ha sido explotada la potencialidad que este medio ofrece por parte de los sectores productivos, principalmente regionales o locales, por tal motivo son necesarias estrategias que incluyan una agenda digital con un enfoque regionalizado, que integre el uso de medidas de gobernanza para el desarrollo de las comunidades. En la Cumbre Internacional de la sociedad de la Información en 2003 (Kummer, 2007) la Declaración de Principios en Ginebra, Suiza establece que:

Nuestro desafío es encauzar el potencial de la tecnología de la información y la comunicación para promover los objetivos de desarrollo de la Declaración del Milenio, a saber, erradicar la pobreza extrema y el hambre, instaurar la enseñanza primaria universal, promover la igualdad de género y la autonomía de la mujer, reducir la mortalidad infantil, mejorar la salud materna, combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades, garantizar la sostenibilidad del medio ambiente y fomentar asociaciones mundiales para el desarrollo que permitan forjar un mundo más pacífico, justo y próspero. Reiteramos asimismo nuestro compromiso con la consecución del desarrollo sostenible y los objetivos de desarrollos acordados, que se señalan en la Declaración y el Plan de Aplicación de Johannesburgo y en el Consenso de Monterrey, y otros resultados de las Cumbres pertinentes de las Naciones Unidas.

Conforme a lo mencionado, la sociedad de la información ha lanzado nuevos desafíos, los cuales están inmersos en el estudio del uso y aprovechamiento de las tecnologías y el ciberespacio. En este contexto, la implementación de plataformas abiertas en Internet han sido de gran utilidad para dar cobertura a regiones que tienen grandes carencias y cuya situación económica se ve afectada por la falta de flujos comerciales.

En lo que respecta a América Latina ninguna otra tecnología como el Internet se ha desarrollado tan rápido en la región, esto en parte, gracias a la generalización del uso

de dispositivos móviles con acceso a Internet, sin embargo en comparación con países desarrollados el uso sigue siendo poco rentable prevaleciendo principalmente el rol de consumidores. El peso del internet en la economía es muy grande, representa entre el 0.5% al 5.4% de países en desarrollo, aunque contribuye entre 1.7% y 6.3% en economías más avanzadas (CEPAL, 2015)

Es importante considerar el impacto de Internet y las TIC en la economía y encontrar formas de transformar su uso desde un punto de vista de desarrollo, sin perder de vista el entorno regional que vaya de acuerdo con las necesidades de la región geográfica donde se pretende catalizar los intercambios comerciales para un mejor aprovechamiento de los recursos. Está claro que el simple uso de Internet, desde un enfoque pasivo, no refleja grandes beneficios socioeconómicos, es necesario generar modelos que implementen un marco de trabajo con el cual tomar el rol de participantes activos y propiciando el desarrollo de zonas marginadas. Es por ello, que el modelo propuesto en este trabajo, integra modelos de negocio orientados a e-Commerce, los cuales permitirán la interacción activa de las MiPyMES, Sociedad y Gobierno.

Por tanto, este artículo tiene como objetivo presentar un modelo de gestión de TIC para maximizar su uso en las MiPyMES, Sociedad y Gobierno, dicho modelo complementa al proyecto integrador Metrópoli Digital (Ixmatlahua, Raygoza, Romero, 2015), en el cual se definen los esquemas bajo los cuales se rige el modelo propuesto.

2. Modelos de negocio de e-Commerce

Por medio del comercio electrónico personas y negocios ofrecen bienes o servicios y realizan intercambios diariamente, e-Commerce genera tendencias y modifica las costumbres del comercio físico. De tal forma, el comercio electrónico así como el comercio físico según (Kotler, 2007) son una combinación de 4 factores:

- Promoción
- Pedido
- Pago
- Distribución o entrega

De este modo la diferencia de los comercios electrónicos y los comercios físicos es que los cuatro factores mencionados anteriormente se hacen a través de medios virtuales, dependiendo del tipo de producto que sea. Este tipo de comercio es algo relativamente nuevo comparado con el comercio tradicional, y ofrece una serie de ventajas muy importantes tales como la disponibilidad, los productos y/o servicios están disponibles a cualquier hora, en cualquier lugar y la posibilidad de expansión a lugares remotos.

En este contexto, las transacciones que permite realizar la plataforma Web de Metrópoli Digital están basadas en un entorno multimodelo. Las transacciones multimodelo abarcan diferentes clasificaciones, para identificarlos fácilmente se describen los diferentes modelos que comprende el e-Commerce, de acuerdo a Kotler, a continuación:

- **B2B** (Business to Business): de empresa a empresa. Involucra las transacciones electrónicas entre dos negocios.
- **B2C** (Business to Consumer): De empresa a consumidor o cliente. Son las transacciones entre negocios y consumidores en internet.

Las transacciones mencionadas son las clasificaciones para la compra o adquisición de bienes y servicio más comunes, sin embargo existen también diferentes formas de comercio en Internet tales como:

- **C2C** (Consumer to Consumer): De consumidor a consumidor. Involucra transacciones realizadas entre consumidores.
- **C2B** (Consumer to Business): Este modelo representa las transacciones de clientes a empresas, es muy similar al modelo B2C pero en este caso el consumidor es el vendedor y la organización la compradora.

Del mismo modo también existen clasificaciones que involucran entidades Gubernamentales y con empresa y consumidores (Garza, G. P., 2001):

- **G2C** (Government to Consumer): Este modelo permite ofrecer a las instituciones gubernamentales servicios en línea útiles a los ciudadanos, tales como servicios administrativos.
- **B2G** (Business to Government): Este modelo permite la venta en línea de productos y servicios al gobierno. Entre las principales características de este modelo de negocios, destacan la transparencia en el desarrollo de convocatorias y licitaciones, mayor rapidez en el desarrollo de los trámites; el gobierno puede encontrar los mejores precios y condiciones de pago.

3. Modelo para la integración de MiPyMES, Sociedad y Gobierno

Se presenta un modelo para la integración de los tres sectores considerados en este trabajo (MiPyMES, Sociedad y Gobierno), con el cual se pretende nivelar el uso y adopción de las TIC entre estas entidades, ya que el crecimiento en el uso de herramientas tecnológicas no ha sido equitativo, teniendo así un obstáculo al momento de que algún sector desee llegar a otro sector objetivo a través del uso de las TIC y que este último no disponga de las herramientas tecnológicas necesarias para lograr una interacción.

Por lo anterior el modelo planteado en la Fig. 1, muestra la integración de todas las entidades por medio de una plataforma abierta (Metrópoli Digital), en la cual todos los actores involucrados en este sistema pueden interactuar haciendo uso de las TIC.

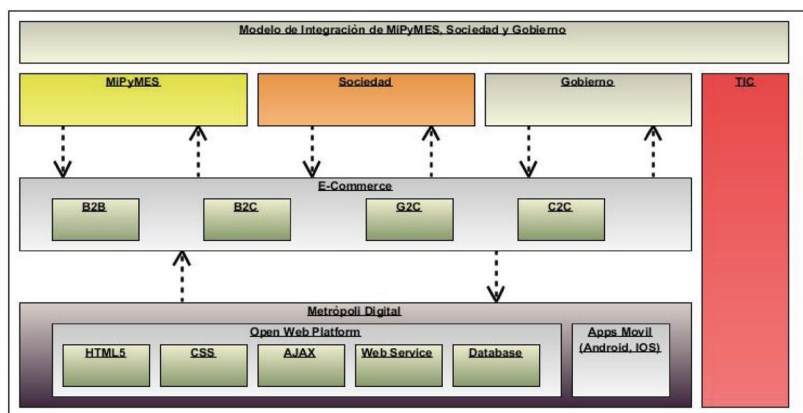


Figura. 1 – Modelo de Integración para el Desarrollo Participativo.

3.1. Componentes del modelo

Como se observa en la Fig. 1, el modelo está compuesto por sectores socioeconómicos, modelos de negocio de e-Commerce, una plataforma tecnológica y el uso de las TIC. En esta sección se describe cada uno de los componentes que integra el modelo propuesto.

3.1.1. Sectores

En esta primera versión del modelo se contemplan tres sectores involucrados en la plataforma:

- *MiPyMES*: Se contemplan las micros, pequeñas y medianas empresas de la región que requieren ofertar productos o servicios a otras empresas o a la población en general, teniendo así un espacio en la Web con la oportunidad de llegar a un mayor número de clientes potenciales.
- *Sociedad*: Conjunto de usuarios que se registran en la plataforma donde tienen acceso a comparación de precios de múltiples empresas, acceso a ofertas, búsqueda de negocios, trámites en línea, etc., todo por medio del portal metrópoli digital.
- *Gobierno*: Se refiere a los municipios pertenecientes a la zona metropolitana de Orizaba Ver., de los cuales se digitalizan los servicios municipales que ofrecen a la población en general.

3.1.2. E-Commerce

Es el componente central del modelo, internamente contiene los modelos de negocio de comercio electrónico con los que se pretende detonar la participación e interacción de los sectores del MIMGS, mediante herramientas de TIC que implementen una forma ágil de poner en línea y sin dificultades sus productos y/o servicios. La implementación de los modelos de *e-Commerce* tienen como meta el dar, tanto a las MiPyMES, Sociedad como al Gobierno, medios digitales de interacción entre sí, para que ellos mismos oferten, sus productos y/o servicios a través de estas herramientas de TIC. Dichas herramientas de TIC estarán diseñadas bajo los modelos que comprenden al *e-Commerce*, tales como *Business to Consumer*, *Business to Government*, *Consumer to Consumer* y *Business to Business*.

3.1.3. Metrópoli Digital

El componente tecnológico que está conformado por un conjunto de herramientas de TIC, es Metrópoli Digital que formará la base que dará el acceso al intercambio comercial, gubernamental y social que el MIMGS ofrece a los usuarios de Internet. Metrópoli Digital está basada en estándares reconocidos por la W3C como el *Open Web Platforms*, así como también, comprende una serie de aplicaciones móviles para permitir el acceso a la información desde cualquier dispositivo móvil, e interfaces para conectividad con diversas tecnologías por medio de servicios Web. Es Metrópoli Digital es la base tecnológica que da el sustento tecnológico para la implementación, por lo tanto juega un papel importante dentro del modelo.

3.2. Interacción entre los componentes

Cada uno de los componentes que integra al MIMSG asumen un rol determinante para su funcionamiento. Estos componentes mantienen una interacción entre sí, y aportan capacidades o características al funcionamiento de los demás. A continuación se describen las responsabilidades e interacciones entre cada uno de los componentes.

Los sectores socioeconómicos son la parte que detonarán el flujo de la información hacia todos los componentes del modelo, debido a que son los que proveerán de los datos que entre ellos compartirán. Estos sectores proveen y utilizan la información que ellos mismo generan, esto a través del uso de las TIC, desde el uso de un dispositivo móvil, una computadora personal o de escritorio, tablet.

Para el caso de las MiPyMES realizan la promoción y venta de sus productos o servicios a otras empresas (modelo B2B), con el fin de satisfacer las necesidades de otros negocios o de consumidores particulares. Además las MiPyMES tienen un canal de comunicación por medio del modelo B2C a través de la cual una empresa hace llegar información para vender sus productos o servicios directamente al usuario o consumidor final. También puede realizar transacciones con entidades de gobierno a lo que se denomina modelo B2G.

Por otro lado, la interacción también se presenta de consumidor a consumidor (modelo C2C), donde un usuario puede ofertar a otro usuario final sus productos o servicios a través de la plataforma, de la misma manera este usuario puede ofertar productos que a una empresa le puede interesar para uso o comercialización, esto se ve reflejado en el modelo C2B. Además por medio de la plataforma se facilita el intercambio de transacciones entre ciudadanos y administración pública, teniendo servicios como queja ciudadana, bolsa de trabajo, etc.

El gobierno también se ve beneficiado con el uso de las TIC, ya que puede interactuar con las demás entidades por medio de un portal ciudadano donde ofrece servicios en línea a las empresas (modelo G2B) como por ejemplo: las licitaciones, pago de impuestos, permisos, etc., además uno de los principales compromisos de los municipios es el acercamiento e interacción con sus habitantes, por lo que para este componente del modelo, se está desarrollando portales municipales que ofrecen servicios digitales municipales para que los usuarios finales realicen los trámites en línea como por ejemplo: generación automática de constancias, pagos online, generación de formularios para diversos requisitos del registro civil, etc.

El modelo de integración mostrado contempla el uso de las TIC como herramientas que contribuyen a favorecer la activación económica directa en 11 regiones de la zona de las altas montañas del estado de Veracruz, dando prioridad al valor transferido al interior de las localidades donde el modelo se implementa.

En este sentido, la mayor parte de la contribución directa será generada por los usuarios finales, mediante un esquema que incluirá todas las herramientas tecnológicas a disposición de los actores principales de los 3 sectores (MiPyMES, Gobierno y Sociedad) quienes estarán habilitados para interactuar activamente, a través de las herramientas proporcionadas y la conectividad de Internet.

Para alcanzar este nivel de participación e interacción de los sectores mencionados se desarrollan varias herramientas de TIC (ver tabla 1). En esta se muestran los diferentes sectores y hacia qué sector está orientada cada una de las aplicaciones así como la funcionalidad para la cual serán desarrolladas, conforme a la interacción establecida por el MIMSG.

Sociedad	MiPyMES	Gobierno
• App, plataforma Web	• App, plataforma Web	• App, plataforma Web
• Noticias y notificaciones en tiempo real,	• Catálogo de productos y servicios	• Servicios municipales a ciudadanos
• Catálogo avisos oportunos	• Geolocalización de MiPyMES	• Servicios municipales a MiPyMES
• Recomendación y valoración de productos y servicios	• Envío de ofertas y promociones	• Pago de servicios en línea
• Acceso a contenidos e intercambio de información	• Portal de comercialización e-Business	• Servicios de mensajes y alertas al ciudadano
• Queja ciudadana	• Pago de productos y/o servicios en línea	• Servicios de mensajes y alertas a MiPyMES
• Contenido educativo		• Bolsa de trabajo
		• Difusión turística

Tabla 1 – Fases de herramientas desarrolladas como parte del modelo integrador.

Cabe mencionar que las aplicaciones propuestas mantienen un enfoque orientado hacia una ciudad digital puesto que no son simplemente fragmentos heterogéneos sin ninguna conexión, sino que son elementos que forman parte de una estructura integral construidas sobre la línea trazada por el modelo MIMSG.

4. Conclusiones y trabajos a futuro

En México, la experiencia en el uso de modelos que ayuden a integrar a través de las TIC a los sectores socioeconómicos es escasa, aún más en la zona Metropolitana de Orizaba Ver., donde no existe prácticamente ninguno, y los que se encuentran documentados no ofrecen un modelo orientado a la regionalización de la información, por otro lado, los usuarios hacen uso de la tecnología de forma superficial, sin embargo es necesario explotar los avances tecnológicos como medios para la integración de los sectores económico y social de la región.

Es por ello que en este trabajo se presenta el MIMSG como factor que contribuye con el fortalecimiento socioeconómico, el cual se fundamenta en el uso de las TIC en los sectores de las MiPyMES, Sociedad y Gobierno con el fin de ayudar a una ágil interacción entre dichas entidades a través de la plataforma Metròpoli Digital y las TIC, de esta manera también se pretende disminuir la brecha digital que existe actualmente, además de ayudar a generar competitividad y presencia en los medios electrónicos para las MiPyMES y Gobierno, así como contribuir a mejorar la calidad de vida de la sociedad.

Actualmente el MIMSG se encuentra en fase de implementación, por lo que se pretende establecer un marco de mejora continua para determinar si los componentes que lo conforman son los adecuados. Como trabajos a futuro, por una parte, se realizará un análisis de acuerdo al grado de interacción para determinar el nivel de impacto del modelo, se definirán indicadores que permitan evaluar su objetivo, beneficios, fortalezas

y debilidades, entre otros aspectos que surjan durante su implementación y se realizará una evaluación conforme a los resultados obtenidos de acuerdo a los indicadores. Por otra parte, se pretende analizar la factibilidad para poder enriquecer el modelo, con el objetivo de integrar elementos que permitan la creación de una Smart City en la zona Metropolitana de Orizaba. El concepto de una ciudad inteligente (Smart City) de acuerdo a International Data Consulting (Achaerandio, 2011) dice que:

“... es una unidad finita de una unidad local que declara y hace un esfuerzo consciente para contar con un enfoque integral para implementar las tecnologías de la información y comunicación, para una análisis en tiempo real, con el objetivo de transformar su modus operandi cuya finalidad radica en mejorar la calidad de vida de la población que vive en la ciudad, garantizando un desarrollo económico sostenible ”

De acuerdo al concepto anterior, el modelo MIMSG cuenta con parte de los tópicos que tiene como objetivo cubrir una ciudad inteligente, por lo que el análisis de factibilidad debe ser detallado y robusto para lograr identificar los elementos correctos que debe cumplir para migrar a un modelo de una ciudad inteligente y el como se integraran con el MIMSG. Si bien, tal como se encuentra el modelo, cubre en gran parte los elementos de una ciudad digital, no obstante la visión del modelo debe ir más allá de sólo ofrecer servicios digitalizados a los sectores (MiPyMES, Sociedad y Gobierno), es decir, el modelo deberá evolucionar de manera que impacte en el uso de los recursos tecnológicos, energía y desarrollo sostenible de la zona Metropolitana de Orizaba, y por tanto en la mejora de la calidad de vida de la ciudadanía.

Otro factor importante que debe tenerse en cuenta es el referente a las dificultades técnicas que vienen dadas implícitamente y las cuales se dirigen principalmente a subsanar el problema de la no interoperabilidad de tecnologías y soluciones heterogéneas, lo cual es un desafío para todos aquellos que trabajan para el desarrollo de proyectos de éstas características como lo menciona (Zanella, 2014); para lo cual el modelo propone la realización una plataforma integral, escalable, que permita la evolución del proyecto como un sistema de sistemas interconectados.

Finalmente, el financiamiento de proyectos de esta envergadura es un aspecto de igual importancia a considerar, puesto que éste, está sujeto al presupuesto que los gobiernos asignan para la innovación y la implementación de sistemas de información para la ciudadanía, sin embargo la inversión aplicada en los últimos años a proyectos de urbanización, así como mejora de servicios y embellecimiento de la ciudad con miras al atractivo turístico ha sido importante. No obstante, se deberá trabajar en conjunto con el gobierno municipal, empresas y la sociedad para conseguir la inversión que sea necesaria a través de programas como PROSOFT, México Conectado, entre otros.

Referencias

- Agudelo, R, Bello, P & Rojas, E.F. (2015). El Ecosistema Y La Economía Digital En América Latina. España: Editorial Ariel.
- Achaerandio, R (2011). “Análisis de las ciudades inteligentes en España”. Madrid, España. International Data Consulting (IDC). <http://www.aeiciberseguridad.es/descargas/categoria6/8883484.pdf>

- Douglas K Barry. (2015). Web Services Explained. 16-03-2015, de Barry & Associates, Inc. Sitio web: http://www.service-architecture.com/articles/web-services/web_services_explained.html.
- Garza Gorostieta, Mario. (2001). *De la. Promoción de ventas : estrategias mercadológicas de corto plazo*. México, D.F. : CECSA, 2001. xxiii, 202 p.
- Hess, C. (1995). The virtual CPR: the Internet as a local and global common pool resource, 1995(June). Recuperado a partir de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.85.4429&rep=rep1&type=pdf>
- Hutchison, D., & Mitchell, J. C. (2009). *The Future Internet*. <http://doi.org/10.1007/978-3-642-20898-0>
- Ixmattlahua, S. D., Raygoza, R. O., Romero, O., & Vargas, E. J. (2015). Metrópoli Digital : Una plataforma Web para la inclusión integral de las PyMES, Sociedad y Gobierno en el uso de las Tecnologías de la Información en la región de las Altas Montañas del estado de Veracruz, México. *RISTI*. n.spe3, pp.43–54. ISSN 1646-9895. <http://dx.doi.org/10.17013/risti.e3.43-54>.
- Kotler, P. (2007). *Marketing*. (P. Prentice Hall, Ed.). Decimoprimer Edición. México. Retrieved from <http://www.terras.edu.ar/aula/tecnicatura/11/biblio/KOTLER-Philip-ARMSTRONG-Gary-Cap17.pdf>.
- Palacios, Jena; Flores-Roux, E. (2012). Diagnóstico del sector tic en México: conectividad e inclusión social para la mejora de la productividad y el crecimiento económico, 1–76. Retrieved from: http://imco.org.mx/wp-content/uploads/2013/1/diagnosticosectorticenmexico_sept2012_2.pdf
- Philippe le Hegaret. (2011). 100 Specifications for the Open Web Platform and Counting. 01-29-2015, W3C. http://www.w3.org/QA/2011/01/100_specifications_for_the_ope.html
- Sigg, María de León. (2014). Explicación de la Adopción de Tecnologías de Información en Pequeñas Empresas Usando el Modelo del Usuario Perezoso: un Caso de Estudio. *RISTI*, n.spe1, pp.91–104. ISSN 1646-9895. <http://dx.doi.org/10.4304/risti.e1.91-104>.
- Thomas, D. Martin, J. (2003). Process Modeling for E-Business. 20/03/2015, de George Mason University.
- Unión internacional de telecomunicaciones. (2003). *Construir la sociedad de la información un desafío global para el nuevo milenio*. Accedido el 1 Agosto, 2015, from <http://www.itu.int/wsis/docs/geneva/official/dop-es.html>
- W3C Working Group. (2000). Simple Object Access Protocol. 2014/07/25, de World Wide Web Consortium Sitio web: <http://www.w3.org/TR/2000/NOTE-SOAP-20000508/>
- Zanella, A., Bui N., Castellani, A., Et. Al., (2014). Internet of Things for Smart Cities. *IEEE Internet of Things Journal*

Implementación de un sistema multi-táctil en ambientes educativos para promover y facilitar la evaluación del trabajo colaborativo en el aula

Yadira Quiñonez¹, Gonzalo Luzardo², Roger Granda²

yadiraqui@uas.edu.mx, gluzardo@espol.edu.ec, roger.granda@cti.espol.edu.ec

¹ Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Informática, Av. Leonismo Internacional S/N y Av. de los Deportes, Ciudad Universitaria, Mazatlán, Sinaloa, México.

² Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Centro de Tecnologías de Información-Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, Campus Gustavo Galindo Km 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador.

DOI: 10.17013/risti.17.66-79

Resumen: Este trabajo presenta un estudio que describe el diseño e implementación de un sistema de mesa multi-táctil de bajo costo que fomenta y facilita la evaluación del trabajo colaborativo dentro de un aula de clase. Se llevaron a cabo pruebas de funcionalidad y usabilidad para validar y verificar el sistema. Adicionalmente, se realizaron dos experimentos para conocer cómo se afecta la percepción de profesores y estudiantes al utilizar este tipo de tecnología. Los aspectos de percepción considerados con los profesores fueron: equidad de carga de trabajo; y facilidad para asignar una calificación individual y grupal. Los aspectos considerados en los estudiantes fueron: equidad de carga de trabajo; capacidad de las herramientas para reflejar su aportación real; y conformidad con calificaciones individuales y grupales obtenidas. De acuerdo con los resultados obtenidos, el uso de esta tecnología tiene un impacto positivo en la percepción de los profesores y estudiantes; los profesores reportaron que el sistema facilita la evaluación del trabajo colaborativo realizado por los estudiantes; por otro lado los estudiantes reportan que este tipo de herramientas ayudan a reflejar de manera más real sus aportaciones en los trabajos colaborativos.

Palabras-clave: Diseño colaborativo; evaluación de colaboración; sistema de mesa multi-táctil.

Implementation of a multi-touch system in educational environments to encourage and facilitate the assessment of collaborative work in the classroom

Abstract: This paper presents a study that describes the design and implementation of a multi-touch tabletop system inexpensive that encourages and facilitates the evaluation of collaborative work in a classroom. Functionality and usability tests were performed to validate and verify the system. Additionally, two experiments were conducted to know how the perception of teacher and students is affected

by using this technology. The aspects considered in teacher were: workload equality; easiness of grading individuals as well as groups. The aspects considered in students were: workload equality; capability of tools to accurately reflect individual contributions; satisfaction with individual and group score. According to the results, the use of this technology has a positive impact on the perception of teachers and students; teachers reported that the system facilitates the evaluation of the collaborative work done by students; on the other hand, students report that such tools help them to accurately reflect their contributions in collaborative work.

Keywords: Collaborative design; collaborative assessment; multi-tabletop system.

1. Introducción

El desarrollo de habilidades de trabajo colaborativo es un aspecto importante durante la formación académica de los estudiantes (Gasca-Hurtado, 2015). En un mundo globalizado y competitivo, los empleadores consideran este tipo de habilidades como un requisito fundamental a la hora de contratar profesionales según (Kaplan, 2014; National Association of Colleges and Employers, 2013; Sinmai, 2014). Si se analiza a profundidad, la forma en la que se trabaja dentro de ambientes colaborativos no ha cambiado significativamente a través de los años, más aún, la tecnología no ha logrado desplazar el uso de herramientas tradicionales de trabajo colaborativo. Por ejemplo, estudios demuestran que el papel y lápiz aún continúan siendo ampliamente utilizados a la hora de diseñar de forma colaborativa (Rick, 2011; Martínez, 2012).

La enseñanza basada en actividades de trabajo colaborativo ha sido uno de los aspectos en que se ha enfocado últimamente la educación superior. Hoy en día, los educadores diseñan actividades, como proyectos y tareas grupales dentro y fuera de clase, que fomentan el trabajo colaborativo dentro y fuera de clase (Xambó, 2013).

El diseño de actividades colaborativas impone un reto importante para los profesores, especialmente aquel relacionado a la evaluación. El proceso de evaluación de una actividad colaborativa se vuelve especialmente difícil debido a que el profesor generalmente cuenta con la versión final del trabajo de sus estudiantes. Las herramientas tradicionales utilizadas no ofrecen información de la carga de trabajo invertida por cada estudiante, su aportación ni la calidad de la misma, que le permita al profesor, de forma objetiva, evaluar y asignar una calificación a cada estudiante (Hayes, 2003; Martínez, 2012).

Investigaciones recientes han encontrado que la percepción de una evaluación injusta debe ser tomada en cuenta por los profesores, ya que ésta es predictora de la motivación, el aprendizaje, e incluso la agresividad que los estudiantes pueden demostrar hacia la materia en particular (Chory-Assad, 2002).

Investigaciones previas (Rick, 2011; Martínez, 2011; Martínez, 2012, Martínez 2012) relacionadas al uso de superficies colaborativas en la educación han demostrado el potencial de éstas para asistir en tareas grupales dentro de un aula de clase, así como su efecto positivo que tienen en los estudiantes para promover el trabajo en grupo. A pesar de esto, poca investigación ha explorado el uso de mesas multi-táctiles (MMT) en ambientes reales de aprendizaje según (Martínez, 2012; Martínez, 2012; AlAgha, 2010). Adicionalmente, estudios específicos relacionados al trabajo en grupo en aulas de clase

se han enfocado principalmente en: ayudar a los profesores a controlar el trabajo grupal y ofrecer visualización de datos referentes a la elaboración de tareas grupales (Martínez, 2011). Sin embargo, se ha prestado poca atención en el efecto en la percepción de los profesores y alumnos que provoca el uso de esta tecnología.

Actualmente, en la literatura existe cuatro clases de sistemas de MMT: mesas digitales (Wellner, 1993), mesas de trabajo (Cutler, 1997), mesas de dibujo (Buxton, 2000), y mesas de colaboración (Stahl, 2002). El presente trabajo de investigación se centra en el diseño e implementación de una mesa de colaboración para la educación. Se describe el diseño e implementación de un sistema multi-táctil de bajo costo utilizando visión por ordenador, el cual permite mejorar el análisis y posterior evaluación del trabajo colaborativo realizado por un grupo de estudiantes. De igual forma, se presenta un caso de estudio con el fin de validar el sistema propuesto.

Este documento está estructurado de la siguiente manera: primero una revisión de literatura, donde se exploran trabajos previos relacionados al uso de mesas multi-táctiles en la educación. A continuación, se hace una descripción de los requerimientos que se consideraron para el desarrollo del sistema propuesto y luego una descripción de su implementación. Posteriormente, se describe la metodología utilizada en los experimentos, en donde se explica el contexto de investigación, las pruebas de funcionalidad, de usabilidad, los detalles de los experimentos realizados y los resultados obtenidos. Al final se realiza una discusión de los resultados y se realizan recomendaciones para trabajos futuros.

2. Trabajos relacionados

En los últimos años, la comunidad científica ha avanzado en el estudio de la aplicación de nuevas herramientas tecnológicas (Vázquez-Reyes, 2015) que permiten facilitar el envío y control de actividades colaborativas y resolver en parte los inconvenientes antes mencionados. Según (Dillenbourg, 2011; Higgins, 2011) han desarrollado sistemas de superficies multi-táctiles que permiten facilitar y apoyar el aprendizaje colaborativo en el aula. Estos sistemas fomentan el compromiso, la participación y la creatividad entre los estudiantes, de tal forma que los estudiantes puedan conducir su propio aprendizaje. Así mismo, Mercier et al. (Mercier, 2013) desarrollaron un tablero interactivo llamado NumberNet que permite realizar experimentos virtuales de matemáticas. Del mismo modo, Tyng et al. describen el desarrollo de una aplicación visual de matemáticas para estudiantes de edad preescolar llamada MEL-Vis, que se ejecuta en una mesa multitáctil (Tyng, 2011). Ambos trabajos presentan soluciones viables a través del análisis cualitativo y cuantitativo de resultados experimentales.

Por otro lado, en el trabajo de Sinmai et al. presentan un sistema multitáctil llamado MindMap, el cual fomenta la creación de mapas mentales de forma colaborativa (Sinmai, 2014). Para esto, el sistema brinda la posibilidad de que los estudiantes puedan interactuar de manera grupal e independiente. Cada usuario tiene la posibilidad de crear nodos rectangulares para representar sus ideas. Estos son alimentados de información a través de un teclado virtual o una tableta. Cada nodo “idea” puede ser arrastrado a través de toda la superficie y ser conectado directamente a otros nodos no necesariamente creados por el mismo estudiante, fomentando la interacción. Una particularidad de esta

aplicación es la definición de espacios personales de cada usuario donde se crean los elementos personales y un espacio público para la interacción con otros usuarios. En este trabajo, los autores describen los requerimientos que guiaron el desarrollo de la solución, los cuales fueron: soporte multiusuarios, definición de un espacio personal y la utilización de dispositivos móviles para alimentar información. Al concluir, los autores demostraron que combinar el uso de mesas multi-táctiles y dispositivos móviles fomenta el trabajo en equipo.

Jones et al. proponen una solución llamada TATIN-PIC, el cual consiste en una mesa multi-táctil y una pizarra vertical, la cual permite la generación de lluvias de ideas a través de diagramas colaborativos. Los diagramas son desarrollados a través de la creación de pequeñas notas rectangulares o “post-it”, las cuales representan las ideas. Las notas son creadas a través de la realización de gestos sobre la superficie, la información textual es ingresada a través de un teclado virtual o por medio de reconocimiento de voz. El trabajo total resumido en proyectado en la pizarra con el objetivo de favorecer la discusión y la convergencia de las ideas sobre la solución de un diseño colaborativo (Jones, 2012).

Martínez et al. presentan una solución de mesa multi-táctil llamada Collaid, la cual permite la creación de mapas conceptuales de forma colaborativa (Martínez, 2011). Este sistema fue desarrollado con el objetivo de mejorar el aprendizaje de los estudiantes, así como fomentar el trabajo en equipo en el aula de clases. Collaid utiliza un sensor para identificar la posición de cada usuario, con el fin de ayudar a determinar la contribución de cada uno de ellos sobre el trabajo desarrollado. La información es ingresada por los estudiantes a través de un teclado virtual. Esta solución se integra con un componente de supervisión que es utilizado por el profesor para conocer en todo momento el estado de desarrollo del trabajo elaborado por los estudiantes.

Aunque existen varias soluciones propuestas cuyo objetivo es ayudar al trabajo colaborativo, algunos problemas deben ser resueltos aún. Cuestiones tales como: la restricción del tamaño de la superficie de trabajo, el seguimiento y la supervisión del trabajo colaborativo, versatilidad del sistema número de personas que pueden participar, la complejidad de la configuración del entorno de trabajo, el costo de implementación y herramientas disponibles, hacen necesario profundizar la investigación en este campo.

La revisión de la literatura demuestra que la mayoría se enfocan en asistir a tareas colaborativas de tipo genéricas tales como lluvias de ideas, sketching, mapas mentales, entre otras (Frisch, 2010; Wobbrock, 2009; Xambó, 2013). De igual forma se evidencia la falta de versatilidad de dichas soluciones, por cuanto los sistemas no pueden ser utilizados para dar soporte a diferentes aplicaciones colaborativas.

3. Sistema multi-táctil propuesto

3.1. Características de diseño

A continuación, se describen las características de diseño que fueron definidas para el sistema propuesto:

1. Soporte multiusuarios: al igual que las soluciones revisadas (Jones, 2012; Sinmai, 2014), esta característica es necesaria para poder brindar la capacidad

- de utilizar el sistema varios usuarios al mismo tiempo.
2. Interacción con objetos tangibles: proveer al estudiante de instrumentos que sean más naturales de utilizar ya que conducen a una menor carga cognitiva (Shen, 2006).
 3. Libertad de movimiento: a diferencia de otras soluciones revisadas, el sistema debe permitir libre movimiento a los estudiantes. Xambó et al, advierte de los efectos en la creatividad cuando se definen lugares estáticos de trabajo (Xambó, 2013).
 4. Soporte al ingreso de información: al igual que TATINPIC, soporta el ingreso de información a través de tabletas (Jones, 2012).
 5. Diferenciación de las aportaciones basadas en color: se ha considerado esta característica con el fin de facilitar al profesor la distinción de aportaciones individuales de los alumnos.
 6. Monitoreo y almacenamiento de acciones de usuarios: tiene la finalidad de proveerle herramientas al profesor para controlar múltiples grupos de trabajo de manera simultánea. Además, brindar una funcionalidad de almacenamiento del trabajo, para ofrecerle al profesor la facilidad de evaluar los trabajos una vez que las sesiones de tareas hayan terminado.

3.2. Esquema físico

Los estudiantes pueden interactuar con el sistema a través de una superficie colaborativa multi-táctil, plumas digitales y tabletas. Por otra parte, los profesores solo necesitan un dispositivo con un navegador Web para acceder al sistema. La interfaz Web del profesor le permite a este monitorear en tiempo real el progreso de los estudiantes durante el desarrollo de su trabajo. La figura 1 muestra una vista del esquema físico del sistema propuesto.

Los estudiantes pueden interactuar con el sistema a través de una superficie colaborativa multitáctil, plumas digitales y tabletas. Por otra parte, los profesores solo necesitan un dispositivo con un navegador Web para acceder al sistema. La interfaz Web del profesor le permite a este monitorear en tiempo real el progreso de los estudiantes durante el desarrollo de su trabajo. La figura 1 muestra una vista del esquema físico del sistema propuesto.

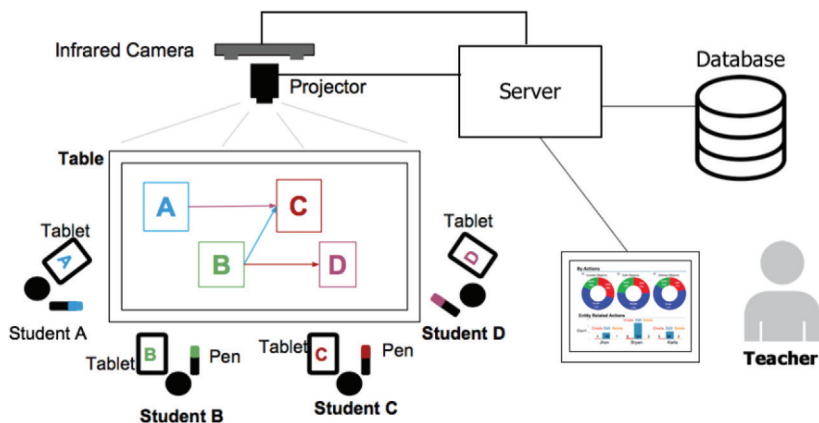


Figura 1 – Esquema físico de la superficie colaborativa

1. **Hardware:** La solución está compuesta por un mini proyector (AAXA Technologies P300 Pico Projector) y un Optitrack Motion Tracking V.120 Duo (Figura 2). También se utiliza un computador CoreI5 con 4GB RAM, 500GB HDD, tabletas Samsung Galaxy Tab 3 y plumas con marcadores infrarrojos. El proyector y el Optitrack se encuentran ubicados por encima de una mesa. Una aplicación colaborativa en proyectada en la mesa, en donde los estudiantes interactúan a través de plumas con marcadores infrarrojos y utilizan tabletas para ingresar texto.

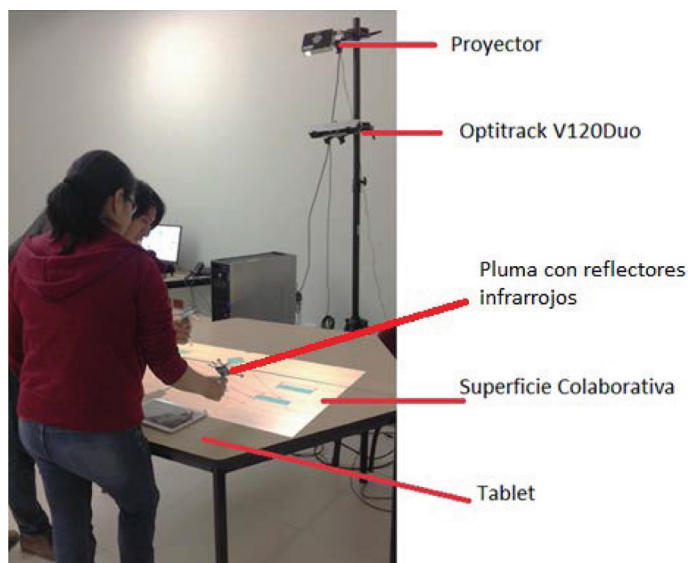


Figura 2 – Implementación física de la superficie colaborativa

2. **Software:** El sistema está compuesto por: el cliente de control colaborativo, el Server Tracking, un sistema Web para el estudiante y un sistema Web para el profesor. La aplicación Web para el estudiante, le permite iniciar sesión en el sistema y editar texto en la aplicación colaborativa utilizando la tableta. Esta aplicación fue desarrollada en Python utilizando Django Framework. El cliente de control colaborativo es responsable de dos tareas: reconocer trazos utilizando algoritmos de visión por computador y dibujar sobre la interfaz. El cliente fue implementado en el framework Multitouch for Java (MT4J). Cada trazo realizado sobre la superficie es procesado por la librería PaleoSketch (Paulson, 2008.) Esta librería convierte los trazos en formas como rectángulos, círculos y líneas. Los trazos son realizados usando plumas con 3 marcadores infrarrojos. El servidor de rastreo mantiene el seguimiento de las plumas utilizando la librería Camera SDK provisto por Optitrack. Cuando un estudiante dibuja sobre la superficie, un evento de “touch” es generado utilizando el protocolo TUIO (Tangible User interface) y es enviado al cliente de control colaborativo. Las figuras y texto realizados por cada estudiante son dibujados con diferentes colores para diferenciar a cada miembro del grupo. Todas las acciones en la

superficie son guardadas en un archivo JSON. Cuando los estudiantes finalizan su tarea, pueden descargar este archivo. La figura 3 muestran una vista de los estudiantes interactuando con el sistema.



Figura 3 – Tarea grupal de estudiantes utilizando la superficie colaborativa mediante plumas sobre la mesa interactiva

Por otro lado, la interfaz Web del profesor le permite a éste evaluar las actividades de los estudiantes. El sistema mide los niveles de actividad que tiene cada estudiante. En tiempo real, el sistema presenta unas alertas de color que cambian de verde a amarillo o rojo, según el nivel de actividad que haya tenido el estudiante en los últimos 5 minutos (Figura 4a). Verde significa que el estudiante está trabajando activamente, rojo significa que el estudiante ha dejado de hacer acciones en los últimos 5 minutos. El sistema también permite visualizar un resumen de los aportes de cada estudiante al trabajo colaborativo. En este, se muestran los porcentajes de contribución a la tarea, y a un nivel

más detallado, también se muestra el porcentaje de participación por cada tipo de acción realizada (Figura 4b). Por último, el profesor tiene la capacidad de utilizar el archivo JSON que provee la superficie colaborativa para poder reproducir, en su interfaz Web, todo el proceso de creación de diagrama colaborativo (figura 5).

3.3. Diseño de la interacción

La interacción que se propone se basa en objetos tangibles y se propone la utilización de plumas con marcas infrarrojas para dibujar sobre la superficie interactiva. En la figura 6 se muestra un ejemplo de interacción diseñada para el trazado de Entidades en una aplicación de diseño de base de datos. Lo primero que se hace es dibujar un cuadrado que va pintado del color correspondiente a la pluma; una vez reconocido el trazo se dibuja una entidad del mismo color.

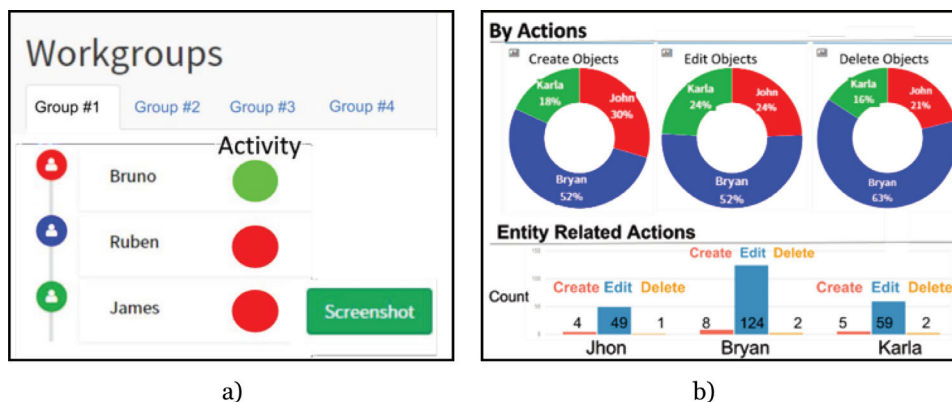


Figura 4 – a) Alertas de colores utilizadas para indicar la actividad de cada estudiante.
b) Porcentajes de participación de los estudiantes

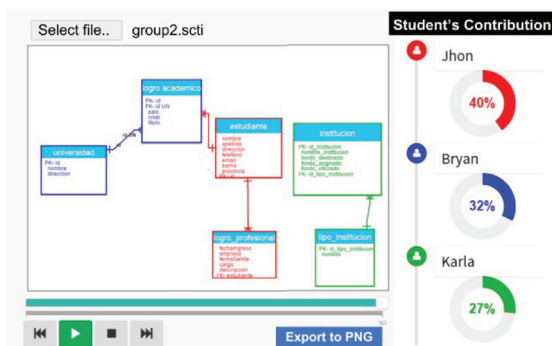


Figura 5 – Reproductor utilizado para observar el proceso de elaboración de la tarea colaborativa

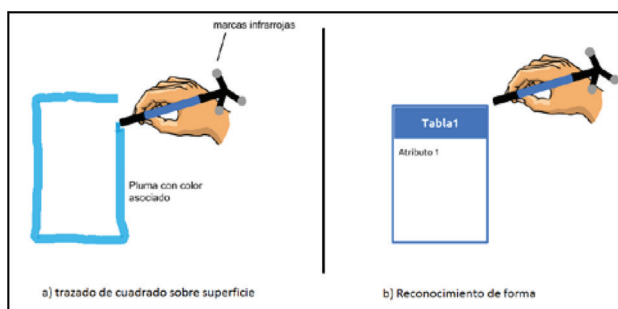


Figura 6 – Interacción con pluma sobre la superficie colaborativa para la creación de entidades

3.4. Componentes del sistema

En la figura 7 se muestran los componentes y las interfaces principales que proveen los requerimientos necesarios para el buen funcionamiento del sistema propuesto. En primer lugar, el componente de captura de movimiento o denominado Servidor de rastreo; permite conocer la posición de las plumas en todo momento para determinar la interacción con la superficie proyectada. En segundo lugar, el componente de visualización y control colaborativo o Cliente Gráfico; se encarga de la representación visual de los objetos en la superficie colaborativa, además de ser el encargado del reconocimiento de los trazos realizados por los usuarios. Por último, el componente de autenticación y control individual o aplicación Web; permite a los usuarios autenticarse e ingresar información al trabajo colaborativo, y al mismo tiempo, se utiliza para proveer la interfaz de monitoreo y evaluación del profesor.

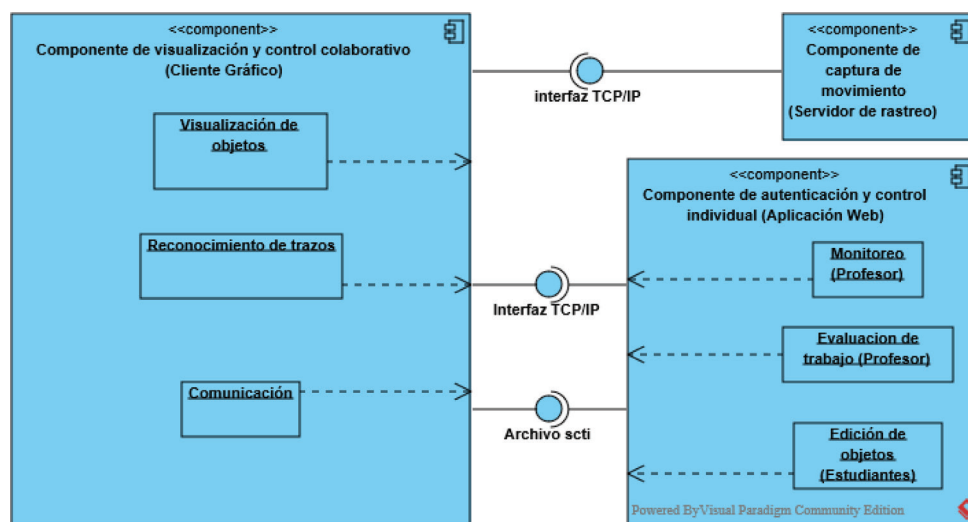


Figura 7 – Diagrama de componentes del sistema

4. Resultados experimentales

Una vez que implementado, se realizó una prueba de funcionalidad para medir el grado de cumplimiento de los requerimientos definidos. Estas pruebas tuvieron un enfoque de caja negra. Los casos de prueba diseñados están definidos en un documento que cumple con el estándar IEEE 829-1998. También se realizó una prueba de usabilidad con el fin de validar el sistema. Esta prueba permitió medir tres aspectos de usabilidad: facilidad de uso, satisfacción del usuario y utilidad del sistema. En este sentido, se seleccionó a 10 profesores del área de ingeniería en ciencias computacionales que tienen relación con la enseñanza y/o evaluación del modelamiento de bases de datos. También, participaron 22 estudiantes del curso de bases de datos I. Los experimentos se organizaron en dos grupos, el de profesores y estudiantes.

Experimento 1: los profesores participaron en un pre-post-test, se utilizó un cuestionario donde se les preguntó acerca de su percepción acerca de sus experiencias en trabajos grupales en relación a las siguientes variables: *Equidad de carga de trabajo; facilidad de asignar una calificación individual y grupal*. Las variables fueron medidas utilizando la escala de Likert. Posteriormente, se condujo una sesión de trabajo que consistió en la participación de los profesores en el monitoreo y evaluación de una sesión de trabajo colaborativo utilizando la solución implementada. Los profesores a través de la interfaz Web de la solución pudieron monitorear y evaluar las sesiones de trabajo. Una vez finalizada la experimentación, se realizó una segunda observación en la que se volvió a medir las mismas variables.

Experimento 2: los estudiantes participaron en dos experimentos con un esquema pre-post-test, con 7 semanas de diferencia; fueron asignados a grupos de trabajo en los que participaron 3 a 4 estudiantes escogidos al azar. Los estudiantes asignados al grupo experimental participaron utilizando la superficie colaborativa. Los estudiantes en el grupo de control participaron utilizando herramientas tradicionales, las cuales fueron: marcadores de colores, papelógrafo y stikers; o la herramienta Web LucidChart. Se utilizó un cuestionario donde se les preguntó sobre su percepción acerca de las siguientes variables: *equidad de carga de trabajo, capacidad de las herramientas que para reflejar su aporte real; y la conformidad con sus calificaciones individuales y grupales*. De igual forma, las variables fueron medidas utilizando la escala de Likert.

Las pruebas de funcionalidad realizada a los 3 componentes del sistema que representa la superficie colaborativa, fueron cumplidas con éxito en todos los casos.

La tabla 1 resume los resultados obtenidos en la experimentación con los profesores en donde se muestran las estadísticas descriptivas con los correspondientes valores de Z y P. Se puede observar que, una vez que se utiliza el sistema propuesto, los profesores respondieron que la facilidad de asignar calificación individual y grupal fue mayor. De la misma manera, su percepción de equidad se reporta mayor en el post-test que el pre-test.

Variables	Pre-Test	Post-Test	Z	p
	Mediana	Mediana		
Facilidad de asignar una calificación individual	2	5	-2,859	0.004
Facilidad de asignar una calificación grupal	4	5	-2,333	0.020
Equidad de carga de trabajo	2	4	-2,372	0.018

Tabla 1 – Estadísticas descriptivas y pruebas de la percepción de profesores

Se evaluó la usabilidad a través de 3 conceptos distintos con los estudiantes. Para la *facilidad de uso del sistema*, se obtuvo que el 91% de los estudiantes calificaron como fácil o muy fácil la utilización de la mesa colaborativa. Mientras que al 9% opinaron que no era ni fácil ni difícil. En cuanto a la *satisfacción del sistema*, se obtuvo que el 70% de los estudiantes opinaron que su experiencia fue satisfactoria. El 30% restante opinó que su experiencia fue muy satisfactoria. Y por último, para la *utilidad del sistema*, se obtuvo que el 90% de los encuestados respondieron que la herramienta era útil o muy útil. Un 10% mostró una opinión intermedia. En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos, se puede observar que los resultados del grupo experimental en comparación del pre y post test son significativos, en el caso del grupo de control no presenta diferencias significativas.

Variables	Grupo	Pre-Test	Post-Test	Z	p
		Mediana	Mediana		
Equidad de carga de trabajo	Exp.	3	5	-2.54	0.011
	Ctrl.	4	4	-0.63	0.527
Capacidad herramientas para reflejar el aporte real	Exp.	4	5	-2.97	0.003
	Ctrl.	4	4	-1.19	0.234
Conformidad con calificación individual	Exp.	4	5	-0.44	0.66
	Ctrl.	4	5	-2.13	0.03
Conformidad con calificación grupal	Exp.	4	4.5	-1.67	0.09
	Ctrl.	4	4	-1.89	0.058

Tabla 2 – Estadísticas descriptivas y pruebas de la percepción de los estudiantes

5. Conclusiones y trabajos futuros

Este artículo tiene como objetivo describir la implementación de un sistema multi-táctil que promueve y facilita la evaluación de los trabajos colaborativos en el aula. Como se pudo evidenciar en la literatura, las actividades de diseño de colaboración son difíciles de evaluar debido al gran esfuerzo que el profesor debe poner al observar cada estudiante en el desempeño de actividades de colaboración. Se ha demostrado que el sistema propuesto es eficaz y útil para el seguimiento de las contribuciones individuales de los

estudiantes que están involucrados en el trabajo colaborativo, en el caso particular del experimento, en el diseño de bases de datos. Los estudiantes percibieron que con el uso de este tipo de sistemas es más significativo el aprendizaje comparado con el enfoque tradicional (utilizando, por ejemplo, lápiz, papel y pizarrón).

La mayoría de los estudiantes expresaron que no era difícil de llevar a cabo acciones comunes en el sistema, lo que significa que el diseño propuesto se ajusta a las necesidades de los usuarios. Aunque, la contribución de un estudiante se mide cuantitativamente, la calidad de la contribución debe añadirse a la contribución con el fin de tener una medida más fiable y realista. La calidad puede ser medida mediante la realización de un análisis más profundo de las intervenciones del estudiante mientras se hace el diseño colaborativo; por ejemplo se pudiera realizar un análisis multimodal de voz, los gestos y las acciones de entrada al sistema que permitan evaluar objetivamente este aspecto. Sería interesante poder utilizar el sistema dentro de actividades de diseño que están involucradas en el desarrollo de software. Por ejemplo, el desarrollo de diagramas de UML, diagramas de flujo, diagramas BPMN, entre otros. Además, en otras actividades de diseño de ingeniería, tales como el diseño mecánico o industrial.

Como trabajo futuro, se espera el desarrollo del soporte de la captura multimodal de los gestos y el habla de los estudiantes, con el fin de mejorar la evaluación del diseño colaborativo. Por otra parte, la implementación de hardware también se puede mejorar cambiando el enfoque de seguimiento de trazos a través del sistema Optitrack, a un enfoque basado en visión por ordenador.

Referencias

- AlAgha, I., Hatch, A., Ma, L., Burd, L. (2010). Towards a teacher-centric approach for multi-touch surfaces in classrooms, in *ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces*.
- Buxton, W., Fitzmaurice, G.W., Balakrishnan, R., Kurtenbach, G. (2000). Large displays in automotive design. *IEEE Computer Graphics and Applications* 20(4) 68–75.
- Chory-Assad, R. M. (2002). Classroom justice: Perceptions of fairness as a predictor of student motivation, learning, and aggression, *Commun. Q.*, vol. 50, no. 1, pp. 58–77.
- Cutler, L.D., Fröhlich, B., Hanrahan, P. (1997). Two-handed direct manipulation on the responsive workbench. In *Proceedings of the Symposium on Interactive 3D Graphics*, ACM Press.
- Kaplan (2014). Graduate recruitment report: Employer perspectives. Technical report.
- Dillenbourg, P., Evans, M. (2011). Interactive tabletops in education. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning* 6(4), 491–514.
- Frisch, M., Heydekorn, J., Dachzelt, R. (2010). Diagram editing on interactive displays using multi-touch and pen gestures. In *6th International Conference on Diagrams*, Volume 6170 of *Lecture Notes in Computer Science*, Springer Berlin Heidelberg, 182–196.

- Gasca-Hurtado, G., Peña, A., Gómez-Álvarez, C., Plascencia-Osuna, O., Calvo-Manzano, J. (2015). Realidad virtual como buena práctica para trabajo en equipo con estudiantes de ingeniería. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información*. Ed. 16, 76–91.
- Hayes, J. H., Lethbridge, T. C., Port, D. (2003). Evaluating individual contribution toward group software engineering projects. In *Proceedings 25th International Conference on Software Engineering*, 622 – 627.
- Higgins, S., Mercier, E., Burd, E., Hatch, A. (2011). Multi-touch tables and the relationship with collaborative classroom pedagogies: A synthetic review. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning* 6(4), 515–538.
- Jones, A., Moulin, C., Barthes, J., Lenne, D., Kendira, A., Gidel, T. (2012). Personal assistant agents and multi-agent middleware for csw. In *IEEE 16th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design*, 72–79.
- Martínez, R., Collins, A., Kay, J., Yacef, K. (2011). Who did what? who said that?: Collaid: An environment for capturing traces of collaborative learning at the tabletop. In *Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces*. New York, NY, USA, 172–181.
- Martinez, R., Kay, J., Yacef, K. (2011). Visualisations for longitudinal participation, contribution and progress of a collaborative task at the tabletop, *Int. Conf. Comput. Support. Collab. Learn.*
- Martínez Maldonado, R., Kay, J., Yacef, K., Schwendimann, B. (2012). An interactive teacher's dashboard for monitoring groups in a multi-tabletop learning environment. In *Intelligent Tutoring Systems*. Volume 7315 of *Lecture Notes in Computer Science*. Springer Berlin Heidelberg 482–492.
- Martinez Maldonado, R., Dimitriadis, Y., Kay, J., Yacef, K., Edbauer, M.-T. (2012). Orchestrating a multi-tabletop classroom, in *Proceedings of the 2012 ACM international conference on Interactive tabletops and surfaces*.
- Mercier, E.M., Higgins, S.E. (2013). Collaborative learning with multi-touch technology: Developing adaptive expertise. *Learning and Instruction* 25, 13–23.
- National Association of Colleges and Employers (2013). The skills and qualities employers want in their class of 2013 recruits. Technical report.
- Paulson, B., Hammond, T. (2008). PaleoSketch: Accurate Primitive Sketch Recognition and Beautification. *Proceedings of the 13th International Conference on Intelligent User Interfaces*, ACM, 1–10.
- Rick, J., Marshall, P., Yuill, N.: Beyond one-size-fits-all (2011). How interactive tabletops support collaborative learning. In: *Proceedings of the 10th International Conference on Interaction Design and Children*. New York, NY, USA, ACM, 109–117.
- Shen, C., Shen, C., Ryall, K., Ryall, K., Forlines, C., Forlines, C., Esenther, A., Esenther, A. (2006). Informing the Design of Direct- Touch Tabletops, *IEEE Computer Graphics and Applications*, volume 26, 36–46.

- Sinmai, K., Andras, P. (2014). Mapping on Surfaces: Supporting Collaborative Work Using Interactive Tabletop, in *Collaboration and Technology SE - 29*, vol. 8658, Springer International Publishing, 319–334.
- Stahl, O., Wallberg, A., Söderberg, J., Humble, J., Fahlén, L.E., Bullock, A., Lundberg, J. (2002). Information exploration using the pond. In *Proceedings of the 4th International Conference on Collaborative Virtual Environments. CVE '02*, New York, NY, USA, ACM, 72–79.
- Tyng, K.S., Zaman, H.B., Ahmad, A. (2011). Visual application in multi-touch tabletop for mathematics learning: A preliminary study. In: *Visual Informatics: Sustaining Research and Innovations. Volume 7066 of Lecture Notes in Computer Science*, Springer Berlin Heidelberg, 319–328.
- Vázquez-Reyes, S., Villa-Cisneros, J., Anaya-Villagrana, J., Barrera-Ambriz, F., León-Sigg, M., Castañeda-Ramírez, C. (2015). Mapeos proyectivos: la base para el funcionamiento del pizarrón interactivo WiimoteWhiteboard. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información*. Ed. E3, 85–92.
- Wellner, P. (1993). Interacting with paper on the digitaldesk. *Commun. ACM* 36(7) 87–96.
- Wobbrock, J. O., Morris, M. R., Wilson, A. D. (2009). User-defined gestures for surface computing, *Proc. 27th Int. Conf. Hum. factors Comput. Syst.*, 1083–1092.
- Xambó, A., Hornecker, E., Marshall, P., Jordà, S., Dobbyn, C., Laney, R. (2013). Let's jam the reactable: Peer learning during musical improvisation with a tabletop tangible interface. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.* 20(6), 36:1–36:34.

EmoRemSys: Sistema de recomendación de recursos educativos basado en detección de emociones

Maritza Bustos López¹, Agustín Job Hernández Montes¹, Raquel Vásquez Ramírez¹, Giner Alor Hernández¹, Ramón Zatarain Cabada², María Lucia Barrón Estrada²

maritbustos@gmail.com, agus_job@hotmail.com, omeg_22@hotmail.com, galor@itorizaba.edu.mx, rzatarain@itculiacan.edu.mx, mbarron@itculiacan.edu.mx

¹ División de Estudios de Postgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba, Avenida Oriente 9 No. 852 Col. Emiliano Zapata, 94330, Orizaba, Veracruz, Orizaba, México.

² División de Estudios de Postgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Culiacán. Av. Juan de Dios Bátiz 310 Pte. Col. Guadalupe. C. P. 80220. Culiacán, México.

DOI: 10.17013/risti.17.80-95

Resumen: Actualmente existen diversos repositorios de recursos educativos los cuales brindan apoyo a los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje. No obstante uno de los problemas que se les presentan a los estudiantes al hacer búsquedas específicas de recursos en diferentes repositorios es que se encuentran con un gran número de resultados y en ocasiones pierden demasiado tiempo para seleccionar un recurso o no encuentran lo que necesitan. En este trabajo se presenta EmoRemSys un sistema de recomendación de recursos educativos basado en técnicas de computación afectiva que permite localizar recursos educativos con base en un análisis sentimental del estudiante haciéndolo adaptable a las necesidades del usuario. Se describe a detalle el proceso de recomendación basado en filtrado colaborativo y el proceso de obtención del sentimiento. Los resultados muestran un alto porcentaje de precisión en las recomendaciones hechas por EmoRemSys.

Palabras-clave: Análisis de Sentimientos, Computación Afectiva, Sistemas de Recomendación.

EmoRemSys: An educational recommender system by using emotions detection

Abstract: Nowadays, there are several repositories of educational resources which provide support to students in the teaching-learning process. However one of the problems that are presented to students to make specific searches for resources in different repositories is found with a large number of results and sometimes lose too much time to select a resource or can not find what they need. This paper presents EmoRemSys an educational recommender system based on affective computing techniques for locating educational resources by using emotions detection. The recommendation and emotion detection processes are described in detail. Results show a high percentage of precision about recommendations provided by EmoRemSys.

Keywords: Sentiment Analysis, Affective Computing, Recommender Systems.

1. Introducción

El crecimiento exponencial de información en la Web dificulta la exploración e identificación de recursos que satisfagan las necesidades de un usuario, en los últimos años han surgido repositorios de recursos educativos como apoyo a los estudiantes con deficiencias en conocimiento (Aguila, 2010). Desafortunadamente en ocasiones es necesario buscar en diversos repositorios ya que uno solo no es suficiente para encontrar los recursos que el estudiante necesite, este puede tomar demasiado tiempo y no alcanzar el objetivo deseado el cual es encontrar diversos recursos que deben cubrir las demandas de una materia o tema en específico que el estudiante necesite. Los sistemas de recomendación son herramientas que generan sugerencias sobre un determinado objeto de estudio, a partir de las preferencias y opiniones dadas por otros usuarios (Beltrán Páez Germán, 2015). El filtrado colaborativo basa sus recomendaciones sobre las calificaciones o el comportamiento de otros usuarios en el sistema, esta técnica asume que si a un grupo de usuarios les gustan las mismas cosas que el usuario activo “X” por lo tanto al usuario “X” es probable que le gusten las cosas que todavía no ha visto de aquellos usuarios (Michael D. Ekstrand, 2015). Los sistemas de recomendación han tenido un fuerte impacto en diferentes áreas como son medicina, entretenimiento, comercio electrónico, educativa entre otras (Betancur, 2009) (Castillejo, 2007).

Los sentimientos son el resultado de las emociones y significan un estado de ánimo afectivo que se presenta en una persona, las emociones son expresiones psicofisiológicas, biológicas y de estados mentales, también se pueden definir como adaptaciones del individuo a estímulos provocados por el entorno, se ha demostrado que las emociones afectan en la mayoría de las actividades humanas entre las cuales están la creatividad, la toma de decisiones y la comunicación (Barrón-Estrada, 2014). En lo que respecta al análisis de sentimientos, se hace uso de la computación afectiva la cual es de suma importancia en el desarrollo de EmoRemSys permitiendo que el estudiante se sienta más cómodo adaptando las recomendaciones a su estado de ánimo. La Computación Afectiva (Affective Computing) es una disciplina de la Inteligencia Artificial que intenta desarrollar métodos computacionales orientados a reconocer emociones humanas y generar emociones sintéticas (Causa, 2007). Para la solución a estos problemas se presenta EmoRemSys, la importancia que tiene el desarrollo de este sistema es brindar al estudiante un apoyo para la búsqueda de recursos educativos de diversos repositorios permitiendo ahorrarse tiempo y además haciendo dichas recomendaciones a partir de su estado de ánimo mediante un análisis de sentimientos.

Este documento está estructurado de la siguiente manera, en la Sección 2 se presenta el estado del arte referente a los diversos trabajos relacionados con los sistemas de recomendación y computación afectiva. En la sección 3 se describe la arquitectura del sistema EmoRemSys. En la sección 4 se presentan el proceso de generación de recomendaciones y el proceso de obtención del sentimiento. En la Sección 5 se presenta un caso de estudio generación de recomendaciones de recursos educativos. En la Sección 6 se presentan las evaluaciones, finalmente en la Sección 7 se presentan las conclusiones y trabajo a futuro.

2. Estado del Arte

A continuación se presenta una revisión del estado del arte sobre los trabajos relacionados con los sistemas de recomendación y computación afectiva.

2.1. Sistemas de recomendación aplicaciones y enfoques.

En (Bustos-López et. al., 2015) se presentó una arquitectura genérica para el desarrollo de los sistemas de recomendación educativas independientes del tipo de recomendación generada. Asimismo, se identifican las características principales de un sistema de recomendación educativo. Estas características son componentes importantes para lograr los objetivos que tienen los sistemas de recomendación educativos con el fin de proporcionar información precisa a los estudiantes de acuerdo a sus preferencias, perfil de usuario y objetivos de aprendizaje. En (Kaklauskas et al., 2013) se presentó el desarrollo de un sistema de recomendación para analizar el rendimiento académico del estudiante. El sistema de recomendación determina el nivel de aprendizaje de la productividad integral empleando tres técnicas principales (fisiológica, psicológica y conductual). En (Zhang, Wang, & Vassileva, 2013) se propuso un sistema centrado en el usuario llamado "SocConnect" en el que se da solución a dos problemas que enfrentan los usuarios de redes sociales: 1) dificultad para realizar un seguimiento de sus amistades sociales y las actividades sociales de amigos esparcidos por diferentes redes sociales, y (2) la gran cantidad de datos sociales que necesitan actualizarse (actualizaciones de los amigos y otras actividades). En (Hsu, 2013) se propuso un enfoque de aprendizaje móvil de idiomas basado en recomendaciones personalizadas. El sistema de aprendizaje móvil proporcionaba un mecanismo de recomendación de material EFL (Inglés como Lengua Extranjera) de lectura para guiar a los estudiantes a leer los artículos que se ajusten a sus preferencias y niveles de conocimiento teniendo de referencia los gustos de los demás estudiantes. En (Chia-Cheng, Hsin-Chin, Kuo-Kuang, & Yueh-Min, 2012) se propuso un sistema de recomendación personalizado basado en el grado de dificultad de los materiales auxiliares, estilos individuales de aprendizaje y temas específicos de un curso. En (Pera, 2011) se desarrolló PBRecS, un sistema de recomendación de libros basado en las interacciones sociales e intereses personales para sugerir libros a los usuarios. PBRecS está basado en las amistades establecidas en LibraryThing, para generar sugerencias más personalizadas dependiendo de las amistades del usuario. En (Yang, 2014) (Nieto, 2007) se presentaron estudios y una descripción acerca de las técnicas y tipos de filtrado colaborativo. Adicionalmente se presenta también un análisis de los algoritmos y métricas ocupadas en el filtrado colaborativo que permiten el desarrollo de sistemas de recomendación. En (Poy & Gonzales-Aguilar, 2014) se presentó un estudio y análisis de los MOOC (Cursos online abiertos y masivos), una de las herramientas que ha surgido de la combinación de e-learning y modelos de redes sociales, la cual se ha integrado en muchos programas educativos transformando las organizaciones e-learning a nivel mundial. A partir de los estudios previos, se identificaron en el análisis cuatro factores críticos que son (1)el diseño de software educativo, (2)las tasas de abandono, (3)el alcance de la universalización, y (4)la estrategia de negocio subyacente a esta oferta educativa. En (Moreno-Cadavid & Montoya-Gómez, 2015) se desarrolló una herramienta virtual con contenido en el área de cálculo con una característica particular: la ludificación como estrategia didáctica. En esta herramienta se presentó una validación de dicha propuesta mediante un curso de pre-cálculo en la Universidad Nacional de Colombia.

2.2. Implementación de técnicas de computación afectiva

En (Liu, 2013) se presentó un estudio realizado a la importancia que tiene la computación afectiva en la educación a distancia y se presentaron algunos estudios realizados al

aprendizaje de los estudiantes por medio de la obtención de emociones mediante el reconocimiento facial, fisiológico y auditivo lo cual permitía ajustar las clases y maestros observando los resultados de sus emociones adaptando clases a los gustos del estudiante. En (Tzu-Wei Tsai, 2012) se desarrolló un juego con varios niveles de dificultad que utiliza material de aprendizaje adaptativo, los niveles del juego están desarrollados para adaptarse a la habilidad de cada estudiante haciendo uso de emociones faciales. El juego identifica a través de los gestos del usuario el nivel de dificultad para adaptarlo a cada estudiante. En (Barrón-Estrada, 2014) (Yasmín Hernández, 2013) se presentaron sistemas tutores inteligentes STI para el aprendizaje de números naturales de 3er grado y capacitación para operadores de sistemas eléctricos, los STI eran configurados por expertos en la materia para lograr una enseñanza optima a los estudiantes y operadores, permitiendo así mediante técnicas de computación afectiva adaptarse al entorno a través de la detección de gestos y así determinar si el usuario estaba comprendiendo, los STI se adaptan a lo que los usuarios necesitan para que la comprensión de los diferentes temas que se presentaban fuera más sencilla. En (Eirinaki, Pissal, & Singh, 2011) se presenta un algoritmo el cual no solo analiza el sentimiento en general de un documento o reseña, también identifica la orientación semántica de componentes específicos de opinión que da lugar a un sentimiento particular. En (Wang, Zhu, & Li, 2012) se presentó un sistema de revisión de síntesis en la Web “SumView”, el cual permite extraer automáticamente las expresiones y opiniones de los clientes en la revisión de las características de diferentes productos.

Mediante estas investigaciones se obtuvo una idea más clara de cómo trabajan los sistemas de recomendación con el filtrado colaborativo y la computación afectiva en el ámbito educativo y se determinó que hasta el momento no hay una herramienta que integre estas dos tecnologías, con estas tecnologías se logran recomendaciones más precisas y adaptables a las necesidades del usuario mediante la detección de sentimientos.

3. EmoRemSys: Arquitectura

EmoRemSys (*Emotional Recommender System*) es un sistema de recomendación basado en filtrado colaborativo y computación afectiva. El objetivo de este sistema es realizar recomendaciones de recursos educativos permitiendo al usuario ahorrarse tiempo en la búsqueda de material que sea de ayuda para cubrir sus necesidades.

3.1. Descripción de la Arquitectura

La arquitectura de EmoRemSys está diseñada en 3 capas para organizar los componentes y distribuir las tareas y funcionalidades, los componentes están desarrollados a partir de las necesidades que se identificaron a lo largo del desarrollo del proyecto. La arquitectura se muestra en la figura 1. Cada capa contiene componentes que tienen funciones específicas las cuales se explican a continuación:

Capa de presentación: Esta capa presenta un conjunto de interfaces con las que cuenta EmoRemSys las cuales se desarrollaron en HTML5, CSS3, JavaScript. Esta capa es la que permite al usuario interactuar con el sistema permitiendo hacer búsqueda de los recursos educativos y presentando la información organizada.

Capa de servicios: Esta capa está formada por 2 módulos, el primer módulo llamado análisis sentimental contiene la API de SkyBiometry que permite obtener datos sobre

la imagen de un rostro, dejando saber al analizador de imágenes el estado de ánimo del estudiante, los datos de cada foto tomada se envían al procesador de resultados donde se obtiene un promedio de los sentimientos analizados. El segundo módulo llamado recomendaciones es donde se encuentra la API de Apache Mahout que se ocupa de procesar los datos obtenidos por el módulo de análisis sentimental y aplicar los algoritmos necesarios para hacer la recomendaciones. Este módulo esta encapsulado en un servicio Web en Java el cual se invoca mediante el protocolo SOAP desde un sistema Web desarrollado en PHP para realizar dichas operaciones y obtener un resultado, el analizador de peticiones es el encargado de dirigir al módulo correspondiente dependiendo si el usuario tiene Webcam y se tomaron las fotos, se envían al módulo de sentimientos o en caso contrario al módulo de recomendaciones.

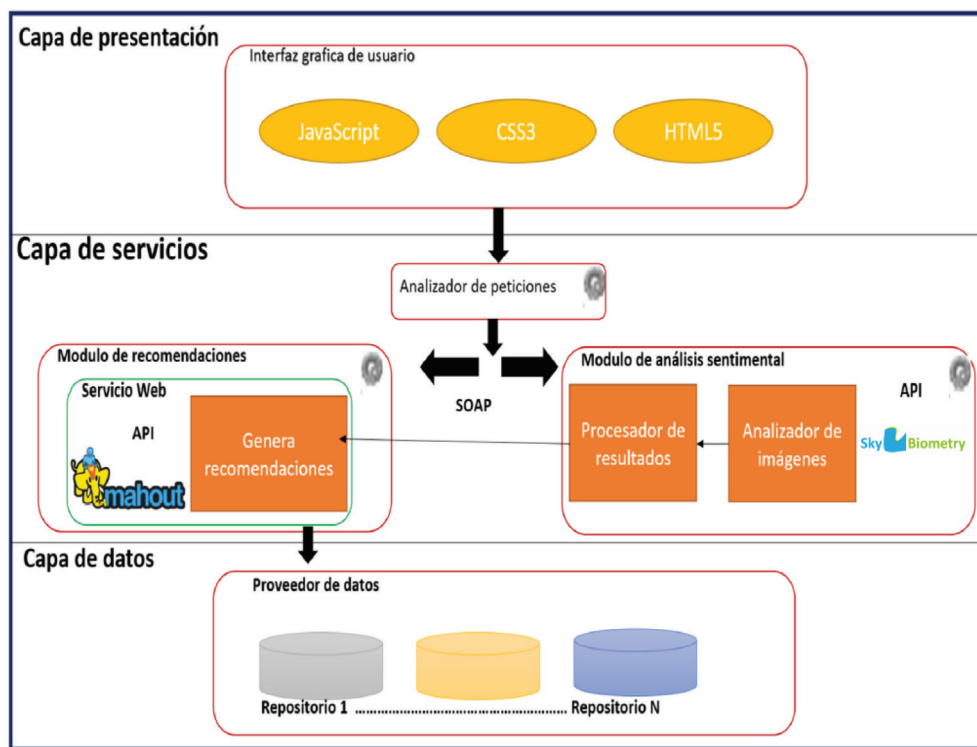


Figura 1 – Arquitectura de tres capas sistema EmoRemSys

Capa de datos: Esta capa contiene los diversos repositorios en donde están contenidos los recursos educativos con los cuales trabaja EmoRemSys.

A continuación se presenta una breve descripción de cada uno de los componentes que conforman la arquitectura de repositorios en donde están contenidos los recursos educativos con los cuales trabaja EmoRemSys.

Analizador de peticiones: Este componente es el encargado de capturar el resultado del usuario en cuanto a permitir el uso de su cámara Web para que le sean tomadas

fotografías o la declinación del usuario a dicha petición. Una vez que obtiene el resultado este redirigirá a la página que muestra el recurso educativo con o sin uso de la cámara dependiendo de la decisión del estudiante.

Analizador de imágenes: El analizador de imágenes es un componente el cuál hace uso de la API de SkyBiometry haciendo una petición, dicha petición está constituida con la API key y API secret necesarias para hacer las llamadas a la API de SkyBiometry enviando la URL en donde se encuentra alojada la fotografía del usuario en el servidor. Una vez hecha la llamada la API de SkyBiometry devuelve el resultado de la información en formato JSON (*JavaScript Object Notation*).

Procesador de resultados: La operación que efectúa este componente es tratar la información recibida en formato JSON del Analizador de imágenes, decodificando la información y obteniendo la información necesario por partes en lo que se refiere al sentimiento del estudiante, procesa el resultado y envía el sentimiento o en caso de que la imagen no contenga un rostro envía el mensaje de la falta de sentimiento. Una vez realizado lo anterior descrito mediante el protocolo SOAP se hace una invocación al servicio Web desarrollado en donde se encuentra encapsulado el componente de recomendaciones, dicho servicio Web está desarrollado en Java por el uso de la API de Apache Mahout a este módulo se envían los datos recolectados del usuario como son su Id, el Id del recurso educativo y la calificación que el estudiante dio al recurso.

Genera recomendaciones: Este componente esta encapsulado en un servicio Web, dicho componente contiene la API de Apache Mahout la cual realiza las recomendaciones del filtrado colaborativo mediante los siguientes pasos:

1. Insertar en el conjunto de datos llamado EmoRemSys.csv el id del estudiante, el id del recurso y la calificación que el estudiante dio al recurso.
2. Calcular la similitud entre usuarios, esto se hace ocupando una métrica de similitud, la API de Apache Mahout cuenta con: Tanimoto coefficient similarity, Pearson correlation similarity, uncentered cosine similarity, Euclidean distance similarity, con estas métricas se calcula la similitud entre parejas de usuarios, la métrica ocupada por el sistema es coefficient similarity Pearson.
3. Una vez calculada la similitud entre usuarios Apache Mahout presenta una serie de algoritmos para calcular los vecinos más cercanos del usuario activo los cuáles son: NearestN User Neighborhood, Threshold User Neighborhood, Caching User Neighborhood en el cual se ocupó el algoritmo de NearestN User Neighborhood del cual se insertó un umbral para evitar que dichos recursos con un umbral menor sean recomendados.
4. Finalmente, se determinan las recomendaciones y se eligen los N recursos más adecuados para ser recomendados al usuario.

4. Proceso de Generación de Recomendaciones y Proceso de Obtención del Sentimiento

En la Figura 2 se presenta el proceso de generación de recomendaciones y se explican cada uno de los pasos involucrados.

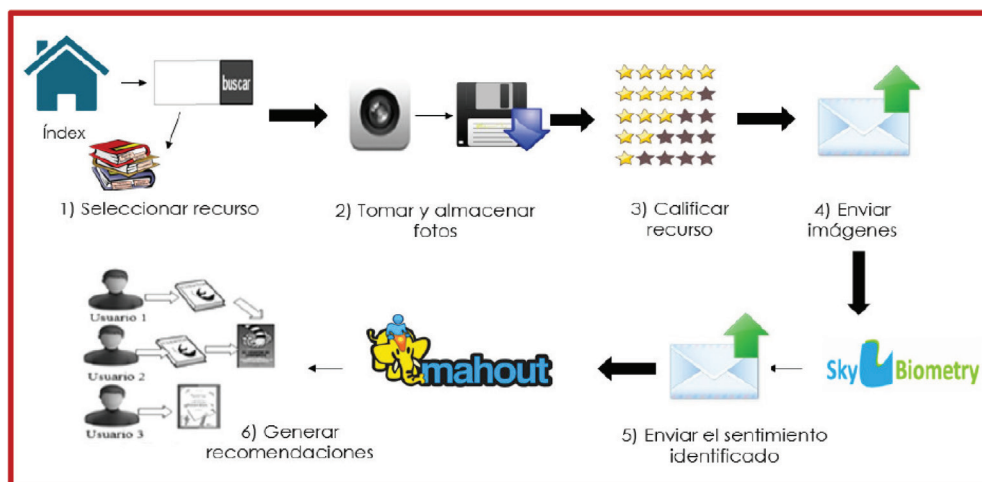


Figura 2 – Proceso de recomendación

1. El usuario accede a la interfaz de EmoRemSys para hacer una búsqueda de un recurso introduciendo un criterio. De los resultados obtenidos selecciona el recurso educativo que se adapte más a lo que necesite
2. En el transcurso de tiempo en el que observa el recurso hasta el cierre de la ventana donde se encuentra, se toman diversas fotos de la cara del usuario con la Webcam y se almacenan para enviarse al módulo de análisis de sentimientos (solicitando permisos para dichas fotos). En el caso de que el usuario no disponga de una Webcam se omite este paso.
3. El usuario realiza la calificación del recurso que acaba de utilizar de acuerdo a su criterio.
4. Las imágenes se envían al módulo de análisis de sentimientos.
5. Se analizan las fotografías del usuario mediante la API de SkyBiometry la cual permite conocer el estado de ánimo del usuario y se envían los resultados al módulo de recomendaciones (SkyBiometry, s.f.).
6. En el módulo de recomendaciones se procesa la información obtenida por el módulo de análisis de sentimientos y por la calificación que el usuario otorgó al recurso educativo. Mediante el uso de la API de Apache Mahout el filtrado colaborativo ocupa una técnica basada en memoria ya que se emplean métricas de similitud para saber la semejanza entre un conjunto de usuarios y realizar las recomendaciones (Apache, s.f.)

En la Figura 3 se presenta el proceso de obtención del sentimiento. El proceso de adquisición del sentimiento está dividido en dos grandes módulos llamados: Componente obtención y análisis de imagen y Componente obtención y análisis del sentimiento cada módulo a su vez tienen sub módulos que se comunican entre sí para obtener una respuesta, el sentimiento del usuario que interactúa con el sistema. A continuación se describe el flujo del proceso.

1. El Usuario interactúa con el sistema y selecciona la opción de usar cámara Web directamente al módulo adquisición imagen. Se toma la foto que ahora será llamada imagen.
2. La imagen se envía al módulo validación imagen en el que se analiza si esta imagen tiene un formato valido. Conociendo el formato, la imagen se envía al siguiente módulo.
3. La imagen se almacena en el repositorio
4. Esta imagen (ruta) se almacena directamente en una carpeta propia del usuario y quedará vigente en la carpeta hasta que se reemplace por otra imagen del usuario en futuras sesiones que inicie en el sistema.
5. La ruta de la imagen es enviada al componente obtención y análisis del sentimiento para continuar con el flujo de adquisición del sentimiento del usuario. La ruta de la imagen llega al módulo conjunto de servicios Web como un dato de entrada que será consumido por servicios Web desarrollados en PHP (PHP: Hypertext Preprocessor).
6. Dentro de los servicios Web se realiza la invocación a la API SkyBiometry. SkyBiometry es una herramienta que tiene dentro de sus características, detectar el rostro del usuario en varios ángulos, encontrar la ubicación de los ojos, la nariz, la boca y muchos otros puntos en el rostro plasmado en la foto. SkyBiometry determina el sexo y la edad, comprueba si la persona está sonriendo, tiene los ojos abiertos, los labios sellados o si usa gafas. Todos estos datos en conjunto se analizan para obtener el sentimiento del usuario.
7. La respuesta del sentimiento del usuario se devuelve al servicio Web después de analizarse por la API SkyBiometry.
8. La respuesta obtenida (el sentimiento) se transfiere al módulo analizador de sentimiento para un proceso de decodificación de datos de la respuesta.

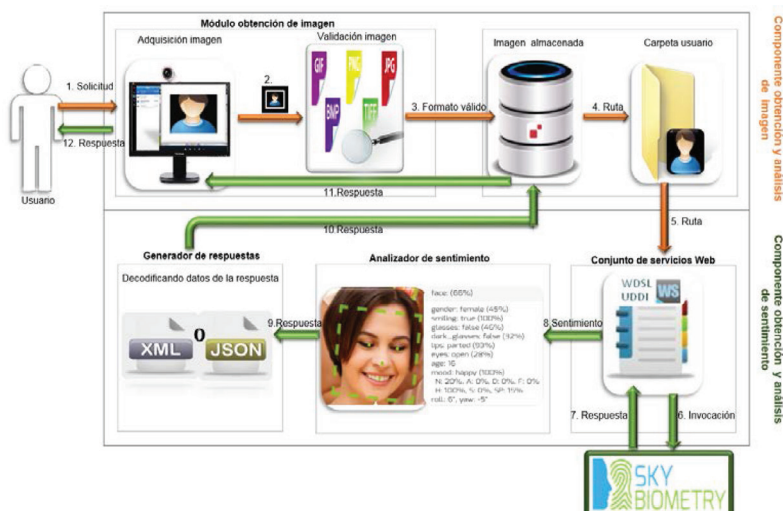


Figura 3 – Proceso de Obtención del Sentimiento

9. Como resultado de proceso de decodificación de datos de la respuesta se genera una estructura de respuesta dentro del módulo generador de respuesta en formato XML (eXtensible Markup Language) o JSON (JavaScript Object Notation).
10. El módulo generador de respuesta envía al repositorio la respuesta obtenida del sentimiento del usuario el cual es almacenado.
11. Del repositorio se extrae la respuesta para enviarse al módulo de adquisición de imagen como resultado de la solicitud.
12. Finalmente, el usuario conoce su estado, sentimiento y continúa interactuando con el sistema.

5. Caso de estudio: Generación de recomendaciones de recursos educativos

En esta sección se presenta un caso de estudio como prueba de concepto de EmoRemSys. El caso de estudio presenta el funcionamiento del sistema de recomendación EmoRemSys mostrando las recomendaciones que se brindaron a un estudiante que ingreso un criterio de búsqueda de la asignatura de matemáticas. En la figura 4 inciso a), se presentan los resultados, una nube de etiquetas con los criterios de búsqueda más regulares de recursos educativos y un *sidebar* con los recursos más vistos y mejor calificados.



Figura 4 – Interfaces de EmoRemSys

En la figura 4 inciso c), se presenta una descripción general del recurso educativo seleccionado por el usuario incluyendo una url para acceder al contenido del recurso. Después de que el estudiante ingresa al contenido del recurso, se realizan las operaciones

anteriormente descritas en el proceso de generación de recomendaciones, el estado de ánimo ocupa un factor importante en las recomendaciones de EmoRemSys ya que con éste se conoce de manera clara si el recurso satisface o no al usuario, así como también las emociones en concreto del estudiante las cuales son: feliz, triste, enojado, sorprendido, disgustado, asustado, neutral; éstas son todas las emociones que se identifican con la API de SkyBiometry.

En la figura 5 se presenta un ejemplo grafico de la forma en que trabaja la API de SkyBiometry y la información que presenta, dicha información es recolectada después de procesar las fotos mediante la API haciendo llamadas desde el módulo de análisis sentimental. La información se presenta en formato JSON y esta se recolecta para determinar el sentimiento del usuario y se envía al módulo de recomendaciones.

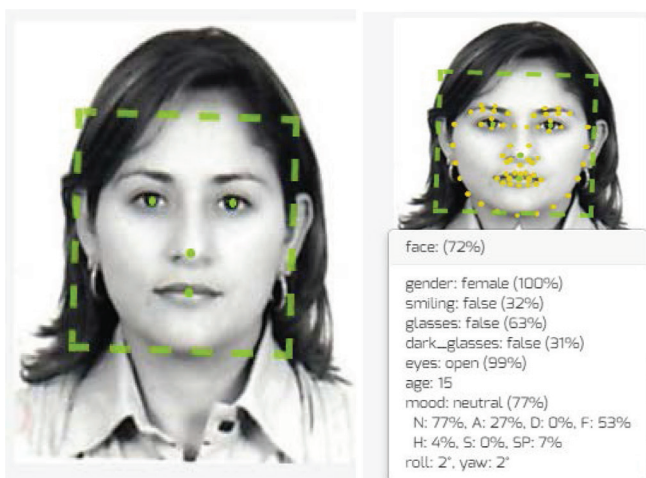


Figura 5 – Ejemplo uso de la API de SkyBiometry

En este caso en concreto se determinó mediante el análisis sentimental que el estudiante presentaba un estado de ánimo neutral por lo cual en la figura 4 inciso b), se presentan tres recomendaciones realizadas al estudiante las cuales son materiales interactivos.

6. Evaluación

Para evaluar los algoritmos de filtrado colaborativo que contiene la API de Apache Mahout se realizó el cálculo de “Precisión” y “Recall” (Exhaustividad) del dataset Book-Crossing el cual contiene las calificaciones que varios usuarios han dado a diversos libros, este cuenta con 278858 usuarios, 1149780 calificaciones que han dado los usuarios a los libros y 271379 libros. La Precisión se entiende como la probabilidad de que un elemento seleccionado sea relevante o no y el Recall se entiende como la probabilidad de que sea seleccionado un elemento relevante. Las fórmulas para calcular cada una de estas evaluaciones se muestran a continuación:

$$\text{Precisión} = \frac{| \{ \text{recursos relevantes} \} \cap \{ \text{recursos recuperados} \} |}{| \{ \text{recursos recuperados} \} |}$$
$$\text{Exhaustividad} = \frac{| \{ \text{recursos relevantes} \} \cap \{ \text{recursos recuperados} \} |}{| \{ \text{recursos relevantes} \} |}$$

La evaluación se realizó obteniendo los datos que arrojaban las diferentes métricas que son correlación de Pearson, coseno, distancia Euclidiana, haciendo pruebas de búsqueda de un libro de un usuario en específico, se hicieron las mismas búsquedas con las distintas métricas de similitud y a partir de esto se le realizaron las recomendaciones pertinentes. Con esto se permitió conocer la “Precisión” de las recomendaciones y el “Recall” de cada métrica utilizada. Cabe hacer mención que sin las métricas de similitud entre usuarios las recomendaciones no tendrían sustento. Por esta razón, es de suma importancia tener estas métricas que permitan al sistema conocer las similitudes de los gustos entre los usuarios y así permitir realizar las recomendaciones (Sean Owen, 2011). Los datos ocupados son todos de tipo numéricos y para realizar las evaluaciones correspondientes se ocuparon: el id del usuario, el id del libro y la calificación que el usuario dio al libro. Con esto se observa en la figura 6 los resultados obtenidos de cada métrica de similitud, donde se encontró que la métrica que ofreció mejores resultados fue la correlación de Pearson. La correlación de Pearson es un número entre -1 y 1 que mide la tendencia entre dos series de números, emparejados uno a uno, para moverse juntos. Esto significa si la distancia entre un numero con otro es larga el valor será -1 y entre más cercanos estén, el valor se acercará cada vez más a 1 (Sean Owen, 2011). Los resultados obtenidos muestran que la Correlación de Pearson obtuvo resultados más satisfactorios.

Así también la correlación de Pearson solo considera las asociaciones entre los estudiantes con mismos recursos vistos, en caso contrario no hace los cálculos ya que

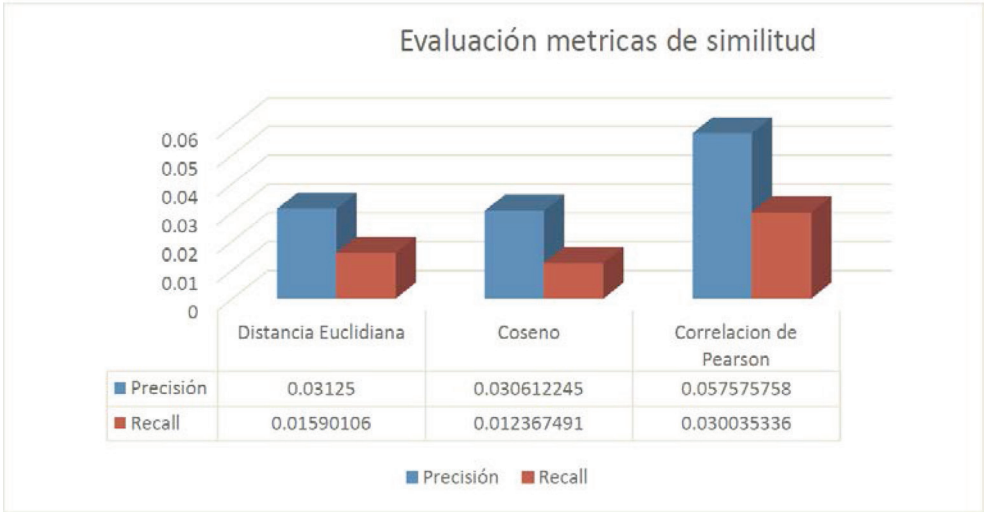


Figura 6 – Evaluaciones de las métricas de similitud.

si los hiciera a pesar de no tener los mismos recursos vistos se daría una información menos precisa por la falta de datos entre los usuarios lo cual disminuiría la precisión de las recomendaciones. Uno de los inconvenientes de la distancia Euclidiana es que es sensible a las unidades de medida de las variables esto se refiere a que las diferencias entre los valores altos de los datos contribuirán en mucha mayor medida que las diferencias entre los valores de las variables con valores bajos y esto da como consecuencia de ello los cambios en la escala que determinarán también cambios en la distancia entre los estudiantes presentando datos no tan precisos (Introducción al análisis de clusters, s.f.).

En el caso del Coseno no presenta alguna desventaja o algún inconveniente cabe mencionar que la implementación de esta métrica en la API de Apache Mahout presentan resultados bastantes semejantes a la de correlación de Pearson por lo cual en (Sean Owen, 2011) se hace la recomendación de ocupar la métrica de correlación de Pearson.

Adicionalmente, también se realizó una evaluación a la API de SkyBiometry. La API de SkyBiometry permite obtener el sentimientos de una fotografía con un rostro humano, para hacer una evaluación de la precisión de esta API se ocupó una base de datos de rostros llamada Radboud la cual contiene una base de datos de caras, un conjunto de imágenes de 67 modelos (incluidos hombre y mujeres de raza blanca, los niños caucásicos, los niños y las niñas de raza blanca, varones marroquíes así como también holandeses) teniendo 8 expresiones emocionales. El RAFD es una iniciativa del Instituto de Ciencias del Comportamiento del Radboud University Nijmegen, que se encuentra en Nimega (Países Bajos), y se utiliza libremente para la investigación científica no comerciales por los investigadores que trabajan para una universidad acreditada oficialmente (Radboud Faces Database, 2015). La evaluación de dicha API presentó los siguientes resultados que se observan en la figura 7.

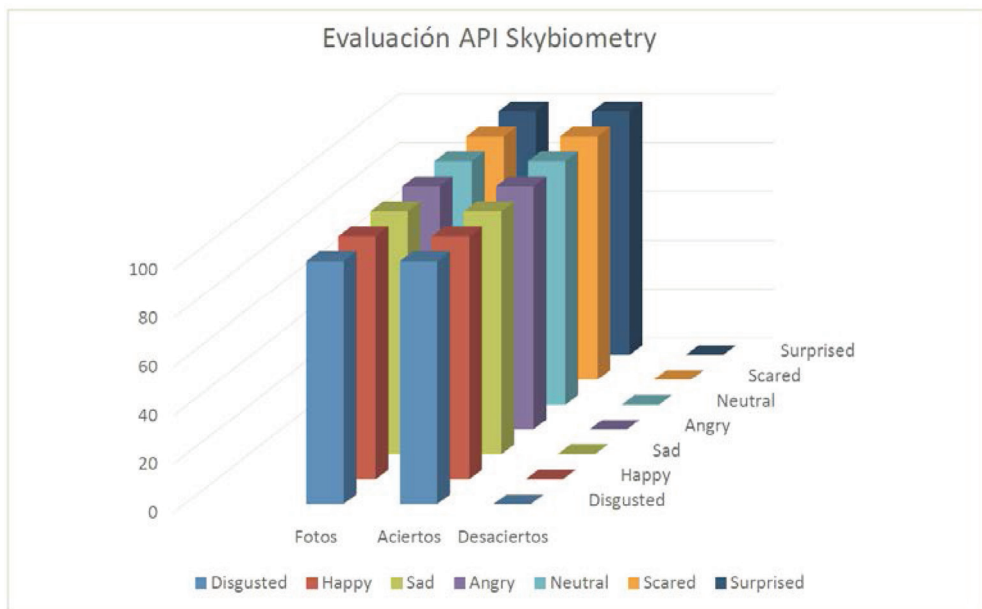


Figura 7 – Evaluación de la API SkyBiometry

Los resultados que se presentan se obtuvieron haciendo llamadas de 7 en 7 imágenes a la API de SkyBiometry ya que una cantidad mayor presenta un error de tiempo de espera y ya como resultado final de la evaluación se obtuvo que haciendo uso de las imágenes de la base de datos Radboud la API presenta un 100% de certeza a la hora de predecir el sentimiento de la fotografía tomada, lo cual demostró que ocupar la API de SkyBiometry fue la mejor opción.

7. Conclusiones y Trabajo a Futuro

En este trabajo se presentó EmoRemSys el cual aporta una integración de diversas tecnologías para realizar recomendaciones. Se desarrollaron un conjunto de componentes necesarios para el correcto funcionamiento de este sistema, entre los cuáles están: el desarrollo del servicio Web encargado de realizar las recomendaciones mediante el filtrado colaborativo con la API de Apache Mahout, los componentes de análisis sentimental en donde se usa la API de SkyBiometry para la detección del sentimiento del estudiante, el analizador de peticiones que sirve como puerta de enlace a la petición que realiza el usuario al momento de ceder o no las funcionalidades de su cámara Web, así como también el uso de diversas tecnologías para complementar el sistema como el uso de CSS3 para los estilos de la página, JQuery para el uso de la cámara Web y las fotografías automáticas del estudiante, Ajax para la funcionalidad de almacenar la fotografía automáticamente en el servidor sin necesidad de salir de la página, el uso de Flash Player para la visualización de los recursos educativos de tipo video en formato.flv para el correcto funcionamiento en los diferentes browser que hay en la actualidad, el uso de Google Docs para la visualización de los recursos educativos que están en formato office, HTML5 para ocupar los formatos en imagen y audio de los recursos.

En la actualidad no hay un sistema con estas características, se comprendió en el desarrollo de este sistema que en la actualidad la búsqueda de la precisión y ahorro de tiempo son muy importantes conociendo la cantidad de información tan extensa que se encuentre en la Web, así como también el uso de la computación afectiva sirve de ayuda para la toma de decisiones. Los resultados finales en el uso de las evaluaciones de “Precisión” y “Recall” mostraron que las recomendaciones del algoritmo de correlación de Pearson son más precisas que los demás algoritmos ya que se ajusta más a datos numéricos.

Como trabajo a futuro se pretende obtener los recursos de diferentes repositorios permitiendo al estudiante escoger de cuántos y cuáles repositorios desea obtener los recursos, los repositorios de recursos educativos son de gran importancia porque con estos permiten tener un mayor volumen de recursos para los distintos niveles de aprendizaje. Además se pretenden desarrollar y tener más filtros en las recomendaciones haciendo uso del filtrado demográfico, del filtrado basado en contenido y otros haciendo así un sistema de recomendación híbrido que tenga mayor precisión, los sistemas de recomendación con filtrado demográfico permiten hacer recomendaciones a partir de los datos obtenidos del usuario como la edad, raza, sexo, lugar de nacimiento entre otros. Lo anterior permitiría generar recomendaciones de los recursos a partir del país de donde se haga la consulta haciendo la recomendación a partir del temario que ocupe cada país para el desarrollo de sus asignaturas. Finalmente, se desarrollará un módulo

que permita diferenciar el estado de ánimo del estudiante después de la recomendación esto se plantea como mejora una mejora al sistema.

Agradecimientos

Este trabajo es apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), Tecnológico Nacional de México (TecNM) y la Secretaría de Educación Pública (SEP) a través de PRODEP.

Referencias

- Aguila, J. V. (2010). Distribución de conocimiento y acceso libre a la información con Recursos Educativos Abiertos (REA). *La educación*.
- Apache. (s.f.). *Apache Mahout*. Recuperado el 18 de Mayo de 2015, de <https://mahout.apache.org>
- Barrón-Estrada, M. L.-C.-O.-P.-A. (2014). Un tutor inteligente, afectivo y configurable para el aprendizaje de números naturales de 3er grado.
- Beltrán Páez Germán, G. G. (10 de Julio de 2015). *Sistema Recomendador Basado En Filtrado*. Obtenido de <http://www.enid.unal.edu.co/2012/memorias/fscommand/tecnologias/59.pdf>
- Betancur, D. M. (2009). Modelo para la recomendación y recuperación de objetos de aprendizaje en entornos virtuales de enseñanza/aprendizaje Recommendation and retrieval model of learning object in virtual environments for teaching/learning. *Revista Avances en Sistemas e Informática*, 6(1).
- Buder, J. &. (2012). Learning with personalized recommender systems: A psychological view. *Computers in Human Behavior*.28 (1), 207–216.
- Bustos-Lopez, M. Vázquez-Ramírez, R., Alor-Hermández, G. (2015). An architecture for developing Educational Recommender Systems. 8th Workshop on Intelligent Learning Environments. *Research in Computing Science*. Instituto Politécnico Nacional. Vol. 106, pp 17–26.
- Castillejo, M. M. (2007). El sistema GRADE para la toma de decisiones clínicas y la elaboración de recomendaciones y guías de práctica clínica. *Atención primaria*, 39(9), 457–460.
- Causa, E. &. (2007). La computación afectiva y el arte interactivo. *área Transdepartamental de Artes Multimediales*, 52.
- Cearreta, I. &. (s.f.). Aplicación de la Ontología Affinto para el Desarrollo de un Sistema de Conversación Emocional por Texto.
- Chia-Cheng, H., Hsin-Chin, C., Kuo-Kuang, H., & Yueh-Min, H. (2012). A personalized auxiliary material recommendation system based on learning style on Facebook applying an artificial bee colony algorithm. *Computers and Mathematics with Applications*, 64, 1506–1513.

- Eirinaki, M., Pisal, S., & Singh, J. (2011). Feature-based opinion mining and ranking. *Journal of Computer and System Sciences*, 1175–1184.
- Herrera-Viedma, E. P. (s.f.). Sistemas de recomendaciones: herramientas para el filtrado de información en Internet.
- Hsu, C.-K., Hwang, G.-J., & Chang, C.-K. (2013). A personalized recommendation-based mobile learning approach to improving the reading performance of EFL students. *Computers & Education*, 63, 327–336.
- Introducción al análisis de clusters*. (s.f.). Recuperado el 27 de 05 de 2015, de <http://www.uv.es/ceaces/multivari/cluster/CLUSTER2.htm>
- Jorgue Hernández, A. G. (2013). Emociones artificiales usando mecánica cuántica. *Computacion afectiva*, 2(5), 22–26.
- Kaklauskas, A., Zavadskas, E., Stankevici, M. S., Raistenskis, J., Simkevicius, C., Stankevici, T., y otros. (2013). Recommender System to Analyze Student's Academic Performance. *Expert Systems with Applications*, 40, 6150–6165.
- Liu, J. T. (2013). Affective Computing Applications in Distance Education. In *2013 the International Conference on Education Technology and Information System*.
- Lungu, V. (2011). A framework for developing embodied intelligent agents with affective behavior.
- Michael D. Ekstrand, J. T. (15 de Julio de 2015). *Collaborative Filtering Recommender Systems*. Obtenido de <http://files.grouplens.org/papers/FnT%20CF%20Recsys%20Survey.pdf>
- Moreno-Cadavid, J., & Montoya-Gómez, L. F. (2015). Uso de un entorno virtual de aprendizaje ludificado como estrategia didáctica en un curso de pre-cálculo: Estudio de caso en la Universidad Nacional de Colombia. *RISTI*, 16, 1–16.
- Nieto, S. M. (2007). Filtrado colaborativo y sistemas de recomendación. Inteligencia en Redes de Comunicaciones. Madrid.
- Sky Biometry. (s.f.). *Sky Biometry API*. Recuperado el 18 de Mayo de 2015, de Sky Biometry API. <https://skybiometry.com/>
- Paula N. Medina, O. S.-C. (2013). Desarrollo de un avatar animado con expresión de emociones básicas. *Computación Afectiva*, 2(5), 6–10.
- Pera, M. S., Condie, N., & Ng, Y.-K. (2011). Personalized Book Recommendations Created by Using Social Media Data. *WISE 2010 Workshops*, 6724, 390–403.
- Poy, R., & Gonzales-Aguilar, A. (2014). Factores de éxito de los MOOC: algunas consideraciones críticas. *RISTI*, 105–118.
- Radboud Faces Database (2015), [En línea]. Available: <http://www.socsci.ru.nl:8180/RaFD2/RaFD?p=main>. [Último acceso: 15 11 2015].
- Sean Owen, R. A. (2011). *Mahout in Action*. Manning.

- Tzu-Wei Tsai, H. Y.-S. (2012). An affective computing approach to develop the game-based adaptive learning material for the elementary students. *In Proceedings of the 2012 Joint International*. New York.
- Xu, Y. G. (2012). Combining social network and semantic concept analysis for personalized academic researcher recommendation. *Decision Support Systems*. 54 (1), 564–573.
- Wang, D., Zhu, S., & Li, T. (2012). SumView: A Web-based engine for summarizing product reviews. *Expert Systems with Application*. 40(1), 27–33.
- Yang, X. G. (2014). A survey of collaborative filtering based social recommender systems. *Computer Communications*. 41, 1–10.
- Yasmín Hernández, G.A.-F. (2013). Comportamiento afectivo en sistemas de capacitación inteligente para operadores de sistemas electricos. *Computación Afectiva*, 2(5), 16–18.
- Zhang, J., Wang, Y., & Vassileva, J. (2013). SocConnect: A personalized social network aggregator and recommender. *Information Processing and Management*, 49, 721–737.

Evaluando Adecuación Funcional y Usabilidad en Herramientas de Composición desde la Perspectiva del Usuario Final

Yadira Jarvio Hernández ¹, Perla Velasco-Elizondo ² y Edgard Benítez-Guerrero ¹

zs13015663@estudiantes.uv.mx, pvelasco@uaz.edu.mx, edbenitez@uv.mx

¹ Universidad Veracruzana, Facultad de Estadística e Informática, Xalapa, VER, 91020, México.

² Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ingeniería, Zacatecas, ZAC, 98000, México.

DOI: 10.17013/risti.17.96–114

Resumen: Cada vez más personas realizan tareas apoyándose de sistemas que son contruidos a partir de la composición de componentes de software. A pesar de la popularidad del desarrollo centrado en composición y las herramientas existentes para soportarlo hay evidencia sobre que el uso de éstas sigue siendo complicado. Sin embargo, existe poca evidencia que permita comprender esta problemática en un contexto de usuarios finales. En este artículo se presenta una evaluación de herramientas de composición de componentes centrada en el usuario final. Una contribución importante de esta evaluación es que, considerando un conjunto de características intrínsecas al desarrollo centrado en composición y a los usuarios finales, se proponen un conjunto de funciones y heurísticas relevantes para detectar problemas generales de adecuación funcional y usabilidad. Estas funciones y heurísticas proveen una base de conocimiento que puede ser extendida en dominios específicos de aplicación para mejorar el diseño de herramientas de composición.

Palabras-clave: herramientas de composición; evaluación heurística; inspección de características; usuarios finales.

Evaluating Functional Appropriateness and Usability of Composition Tools from an End-User Perspective

Abstract: A growing number of people perform tasks supported by systems that are built through the composition of software components. Despite the popularity of component-based software development and related tools, their use remains complicated for experts, not to mention for end users. This paper provides an evaluation of composition tools focused on end users. A major contribution of this assessment is that, given a set of characteristics that are intrinsic to composition-based software development and to end users, a set of relevant functions and heuristics to detect general problems of functional suitability and usability are proposed. These functions and heuristics provide a knowledge base that can be extended in specific application domains to improve the design of composition tools.

Keywords: composition tools; heuristic evaluation; characteristic inspection; end-user.

1. Introducción

En la actualidad cada vez más personas realizan diversas tareas apoyándose de sistemas de software. Se puede observar que muchos de estos sistemas son construidos a partir de la composición de componentes. En términos generales, un componente es un elemento de software pre-existente que implementa alguna funcionalidad, la cual puede ser accedida a través de interfaces bien definidas (Sommerville, 2006). Usando mecanismos de composición específicos, estos componentes pueden combinarse para crear sistemas. Ejemplos de componentes en muchos de estos sistemas son los COTS (Commercial Off-The-Shelf) (Morisio, Seaman, Basili, Parra, Kraft, & Condon, 2002), los Servicios Web (Cauldwell, Chawla, & Chopra, 2002), los Mashlets (Abiteboul, Greenshpan, & Milo, 2008) o las (Web) APIs.

Enfoques de desarrollo como el Desarrollo Basado en Componentes (Sommerville, 2006), las Líneas de Productos de Software (Clements & Northrop, 2001), la Arquitectura Orientada a Servicios (Erl, 2005) o más recientemente las arquitecturas de micro servicios (Fowler, 2014) han adquirido popularidad puesto que soportan el desarrollo de sistemas de software usando un enfoque centrado en la composición. De forma similar, existen diversas herramientas, componentes y repositorios de componentes en dominios específicos que permiten el desarrollo de sistemas bajo este enfoque. Algunos ejemplos de herramientas y repositorios incluyen:

- *BioCatalogue*. Es un repositorio público de servicios web sobre biología (Bhagat, et al., 2010).
- *Taverna*. Es una herramienta de composición y ejecución de workflows basados en servicios web. Proporciona acceso a una amplia gama de servicios web y bases de datos principalmente del área de biología (School of Computer Science, 2010).
- *API de Twitter*. Es un componente de tipo web API el cual incluye métodos que permiten a los desarrolladores acceder a los datos básicos de Twitter, así como interactuar con Twitter Search (Twitter, 2015).
- *Yahoo Pipes!*. Es una herramienta de composición y publicación de aplicaciones web tipo mashups. Proporciona varios componentes para la creación de dichas aplicaciones (Yahoo!, 2014).

La disponibilidad de herramientas y (repositorios de) componentes ha contribuido a que nuevas comunidades de usuarios incursionen en el desarrollo de este tipo de sistemas. Un ejemplo es la comunidad de usuarios finales (Mehandjiev, Namoune, Wajid, Macaulay, & Sutcliffe, 2010), (Garlan, Dwivedi, Ruchkin, & Schmerl, 2012), (Roy Chowdhury, 2012). En términos generales este tipo de usuarios y los sistemas que construyen presentan las siguientes características:

- a. Son expertos en su dominio profesional pero inexpertos en materia de desarrollo de sistemas.
- b. Soportan sus tareas diarias mediante sistemas de software que ellos mismos construyen a partir de la composición de componentes de software que son provistos por terceras partes.
- c. Los sistemas que construyen tienen una arquitectura “data-flow”. En términos generales, una arquitectura “data-flow” se caracteriza por tener un conjunto de componentes que realizan una transformación sucesiva de flujos de datos (Taylor, Medvidovic, & Dashofy, 2009).

Ejemplos de estos usuarios incluyen a sociólogos realizando análisis de influencia en redes sociales (Knoke & Yang, 2008) con scripts que usan las APIs de Twitter e *igraph* para R (team, 2015) o biólogos realizando análisis de cadenas de proteínas con workflows creados con la herramienta de composición Taverna y servicios Web en BioCatalogue.

A pesar de la popularidad del desarrollo centrado en composición y las herramientas existentes para soportarlo hay evidencia sobre problemas que hacen que el uso de éstas sigue siendo complicado. Además, existe muy poco material que permita comprender esta problemática en un contexto de usuarios finales. Este artículo reporta una evaluación de herramientas de composición de componentes centrada en el usuario final. En contraste con trabajos relacionados, una contribución importante de esta evaluación es que, considerando un conjunto de características intrínsecas al desarrollo centrado en composición y a los usuarios finales, se proponen y utilizan un conjunto de funciones y heurísticas relevantes para detectar problemas generales de *adecuación funcional* y de *usabilidad*. En términos generales, la adecuación funcional tiene que ver con la capacidad de la herramientas de composición de incorporar funciones que satisfacen necesidades declaradas o implícitas. La usabilidad tiene que ver con la facilidad de uso de dichas herramientas. Las funciones y heurísticas identificadas proveen una base de conocimiento que puede ser extendida en dominios específicos de aplicación para mejorar el diseño de herramientas de composición.

El artículo está organizado de la siguiente manera. La sección 2 discute trabajos relacionados con la evaluación funcional y de usabilidad de herramientas de composición de componentes. En la sección 3 se describen las particularidades de la evaluación realizada, incluyéndose las funciones y heurísticas propuestas. En la sección 4 se muestran los resultados obtenidos de la evaluación. Finalmente, en la sección 5 se presentan las conclusiones y posibles líneas de trabajo futuro.

2. Trabajos Relacionados

En términos generales la funcionalidad de un producto de software puede entenderse como la capacidad que éste tiene para tomar datos de entrada, procesarlos y proveer los resultados esperados a través de funciones específicas. El estándar ISO/IEC 25100 (ISO/IEC, 2011), que es un modelo de calidad de producto, considera la funcionalidad como una de las ocho características relevantes a tener en cuenta para evaluar las propiedades de un producto software determinado. En este estándar la funcionalidad es denotada como *adecuación funcional* y se define como “la capacidad del producto software para proporcionar funciones que satisfacen las necesidades declaradas e implícitas, cuando el producto se usa en las condiciones especificadas.”

Por otra parte, la usabilidad es un atributo de calidad que tiene que ver con la facilidad de uso de un sistema de software. Existen diversas definiciones de usabilidad. Sin embargo, dos ampliamente adoptadas son las provistas por los estándares 9241 (ISO/IEC, 1998) y 25100 de la ISO/IEC. El estándar ISO/IEC 9241 define usabilidad como “el grado en el que un producto puede ser utilizado por usuarios específicos para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un determinado contexto de uso”. Similarmente, en el estándar ISO/IEC 25100 la usabilidad se define como “la capacidad

de un software de ser comprendido, aprendido, usado y ser atractivo para el usuario, en condiciones específicas de uso”.

En el pasado se han realizado evaluaciones de funcionalidad y usabilidad relacionadas al desarrollo centrado en composición. Por ejemplo, evaluaciones de métodos y lenguajes para realizar la composición de componentes como BPEL, OWL-S, autómatas, redes de Petri, Álgebras de Procesos, (Beek, Bucchiarone, & Gnesi, 2007), (ter Beek, Bucchiarone, & Gnesi, 2007), (Feenstra, Janssen, & Wagenaar, 2007), (Baryannis & Plexousakis, 2010), (Portchelvi, Prasanna Venkatesan, & Shanmugasundaram, 2012). Igualmente se han reportado resultados de evaluaciones de herramientas de composición en trabajos como (Minhas, Sampaio, & Mehandjiev, 2012), (Insfran, Cedillo, Fernández, Abrahão, & Matera, 2012), (Yeltayeva, 2012). Todas estas evaluaciones reportan problemas relevantes. Sin embargo, la principal limitación de estas evaluaciones es que no consideran a los usuarios finales como usuarios potenciales de estas herramientas.

Por otra parte trabajos como (Zhao, Bhattarai, Liu, & Crespi, 2011), (Malinga, Gruner, & Koschmider, 2013) reportan resultados de evaluaciones a herramientas de composición para usuarios finales. Aunque se reportan problemas relevantes de funcionalidad y usabilidad, estas evaluaciones presentan dos limitaciones importantes: (i) son evaluaciones de una sola herramienta lo cual hace difícil el determinar si los problemas detectados se presentan en otras, y (ii) las evaluaciones no consideran características intrínsecas al desarrollo centrado en composición que impactan en la funcionalidad y usabilidad de herramientas de composición de componentes cuando son utilizadas por usuarios finales. La Tabla 1 describe estas características.

3. Descripción de la Evaluación

En las siguientes secciones se describen los detalles de la evaluación de la adecuación funcional y de la usabilidad de algunas herramientas representativas para soportar la composición automática de componentes.

3.1. Herramientas Seleccionadas

La selección de herramientas de composición se inició con una búsqueda en fuentes bibliográficas y sitios web. Producto de esta búsqueda se obtuvo información sobre 23 herramientas. Posteriormente, se realizó un análisis de esta información para conservar solamente las herramientas que soportaran lo siguiente:¹

1. **Acceso a servicios pre-existentes (SP).** Que permitan acceder a componentes pre-existentes provistos por terceras partes; esto es porque generalmente los usuarios finales no desarrollan sus propios componentes y tienden a utilizar componentes pre-existentes.
2. **Facilidades “drag and drop” (DD).** Que provean un ambiente gráfico de composición de componentes con facilidades “drag and drop”; esto es porque se considera que este tipo de facilidades permite de forma práctica y poco técnica seleccionar y ensamblar componentes.

¹ Estos criterios fueron establecidos por los autores considerando principalmente las características de los usuarios finales descritas en la Sección 1.

Características	Descripción
Selección de componentes disponibles	Existen muchos componentes con las mismas características. Al momento de realizar una composición se debe realizar la selección de un subconjunto particular que satisfaga las características funcionales requeridas, por ejemplo, traducir a español. Idealmente esta selección debería ser asistida.
Detección de incompatibilidades entre componentes	Los componentes son desarrollados por diferentes fabricantes y podrían presentar incompatibilidades al momento de su composición, por ejemplo, formato o semántica de los datos que intercambian. Idealmente, estas incompatibilidades deberían ser detectadas y resueltas automáticamente durante el proceso de composición.
Estimación de calidad de servicio de la composición	Cada componente define individualmente valores de atributos de calidad de servicio, por ejemplo, desempeño, disponibilidad. La calidad de servicio del sistema resultante es relevante e, idealmente, debería ser estimada automáticamente durante el proceso de composición.
Uso de un lenguaje de bajo nivel de abstracción	El usuario final no tiene conocimiento técnico profundo sobre desarrollo de sistemas. Por ello, se preferiría en las herramientas de composición el uso de un lenguaje poco técnico y con un alto nivel de abstracción.

Tabla 1 – Características intrínsecas al desarrollo centrado en composición que impactan en la funcionalidad y usabilidad de herramientas de composición de componentes cuando son utilizadas por usuarios finales.

- 3. **Composiciones con una arquitectura “data-flow” en la forma de “workflows” o “mashups” (WM).** Que permitan construir composiciones de este tipo; esto debido a que generalmente los usuarios finales construyen sistemas de este tipo.
- 4. **Disponibilidad de la herramienta (DI).** Que se encuentren disponibles actualmente y no sean propietarias.

La Tabla 2 muestra las 23 herramientas indicándose el soporte o no soporte de los criterios listados anteriormente con los símbolos ✓ y × respectivamente. Como se puede apreciar las únicas herramientas que cumplen con los criterios son las siguientes: 1. Apache ODE, 3. BonitaSoft, 12. LONI Pipeline, 20. Taverna, 21. Wave Maker, 22. Yahoo Pipes!.

3.2.Composición Realizada

Para evaluar estas herramientas se consideró un sistema, creado a partir de la composición de componentes de software, que debe automatizar lo siguiente:

“Se desea obtener una lista de comentarios de Twitter. Dichos comentarios deben estar ordenados por fecha de forma ascendente y traducidos al Español. Además se necesita que la composición se ejecute en un tiempo aproximado de 900-1000 milisegundos y que tenga una disponibilidad de al menos 95 %.”

#	Nombre	Características			
		SD	DD	WD	DI
	Apache ODE, (Apache, 205).	✓	✓	✓	✓
	Apatar, (Apatar, 2014).	×	✓	✓	✓
	BonitaSoft, (Bonitasoft, 2015).	✓	✓	✓	✓
	Dapper, (Al Sarraj, 2014).	✓	×	✓	×
	Enhyndra Shark, (Together Teamsolutions Co., 2011).	✓	×	✓	✓
	Google Mashup, (Al Sarraj, 2014).	✓	×	✓	×
	Intel Mash Maker, (Al Sarraj, 2014).	✓	×	×	×
	Jaw Flow, (Garcês, De Jesus, Cardoso, & Valente, 2009).	✓	×	✓	×
	JBoss, (RedHat, 2014).	✓	×	✓	✓
	JackBe, (Al Sarraj, 2014).	✓	✓	✓	×
	JOpera, (JOpera.org, 2013).	✓	×	✓	✓
	LONI Pipeline, (Laboratory, 2015).	✓	✓	✓	✓
	Marmite, (Patel , Na , Latih, Wills, Shukur , & Mull, 2010).	✓	✓	×	×
	Microsoft Popfly, (Al Sarraj, 2014).	✓	✓	✓	×
	OpenKapow, (Kapow, 2015).	✓	✓	✓	×
	Potluck, (Al Sarraj, 2014).	×	×	✓	×
	QedWiki, (Patel , Na , Latih, Wills, Shukur , & Mull, 2010).	✓	×	✓	×
	RSSBus, (RSSBus, 2014).	×	×	✓	×
	RUNA WFE, (RunaWFE, 2013).	×	×	✓	✓
	Taverna, (School of Computer Science, 2010).	✓	✓	✓	✓
	Wave Maker, (Muñoz Jiménez, 2010), (WaveMaker, 2014).	✓	✓	✓	✓
	Yahoo Pipes, (Yahoo!, 2014).	✓	✓	✓	✓
	YAWL, (Garcês, De Jesus, Cardoso, & Valente, 2009).	✓	×	✓	×

Tabla 2 – Herramientas consideradas en la evaluación.

Para poder crear ese sistema, se consideraron 5 componentes de tipo servicio web; 3 son provistos por diferentes fabricantes y 2 fueron desarrollados por los autores de este trabajo. Estos componentes se describen con mayor detalle en la Tabla 3. Es importante mencionar que los atributos de calidad de cada componente se obtuvieron de la página del fabricante de cada servicio, y en el caso de los componentes desarrollados por los autores de este trabajo, sus respectivos atributos de calidad se calcularon de forma local.

3.3. Método de Evaluación

Se pretende detectar un conjunto general, (no de dominio específico) de problemas en el proceso de composición de componentes. Se prefieren métodos prácticos, efectivos y con poca demanda en tiempo, esto debido a la naturaleza, alcance y tiempo disponible para el desarrollo de este trabajo. Es por esto que los métodos de inspección se consideran adecuados para este trabajo, ya que son métodos en donde un grupo de expertos examinan aspectos relacionados con el funcionamiento del software y la usabilidad de la interfaz (Hollingsed & Novick, 2007). Entre los métodos de inspección relevantes se encuentran: Recorrido cognitivo, Inspección de estándares, Recorrido de usabilidad plural, Inspección de características y Evaluación heurística.

ID	Operación	Descripción	Calidad de Servicio	Ubicación
C1	Búsqueda de información textual	Recibe el tema a buscar, realiza una búsqueda en twitter del tema indicado y devuelve una lista de comentarios.	R: 483 ms D: 100%	https://dev.twitter.com/
C2	Búsqueda de imágenes	Recibe el tema a buscar, realiza una búsqueda en instagram del tema indicado y devuelve una lista de imágenes.	R: 485 ms D: 100%	http://developers.instagram.com/
C3	Traducción de inglés a español	Recibe una lista de información textual y devuelve la lista traducida al idioma español.	R: 400 ms D: 100%	https://developers.google.com/
C4	Ordena información textual	Recibe la lista de comentarios y la ordena de forma ascendente tomando en cuenta la fecha de creación.	R: 150 ms D: 90%	Estos componentes fueron desarrollados por los autores de este trabajo
C5	Ordena información textual		R: 90 ms D: 100%	

Tabla 3 – Componentes considerados en la evaluación.

La Inspección de características y la Evaluación heurística fueron los métodos seleccionados para evaluar la funcionalidad y la usabilidad de las herramientas de composición de componentes seleccionadas. En las siguientes secciones se presentan los detalles correspondientes.

3.3.1. Evaluando Funcionalidad: Inspección de Características

Considerando nuestro objetivo de identificar un conjunto de problemas generales de adecuación funcional en herramientas de composición de componentes que sean relevantes al contexto de usuarios finales, se considera que la inspección de características es un método apropiado. La inspección de características es un método en el cual un grupo de expertos inspecciona un producto de software para determinar si provee un conjunto de funciones que son generalmente extraídas a partir de la definición de un escenario de uso y de sus tareas asociadas.

El estándar ISO/IEC 25010 considera la adecuación funcional desde tres perspectivas:

1. **Complejidad funcional:** grado en el que las funciones provistas por el sistema corresponden a las funciones especificadas.
2. **Correctitud funcional:** grado en el que las funciones del sistema proveen resultados correctos con el nivel de precisión requerido.
3. **Pertinencia funcional:** grado en el que las funciones del sistema facilitan la realización de las tareas y los objetivos especificados.

Tomado en cuenta lo anterior, así como también las características intrínsecas al desarrollo centrado en composición (mostradas en la Tabla 1), en la Tabla 4 se describen las funciones propuestas para evaluar la adecuación funcional de las herramientas de composición. En esta evaluación se medirá el radio de funciones presentes en relación con el total de funciones consideradas en la evaluación; los detalles del cálculo de ésta métrica se describen en la sección 4.1.

Función	Descripción	Perspectiva
<i>Generación de la Composición Automáticamente (CA).</i>	Denota la capacidad de la herramienta para generar el código de la composición de componentes de forma automática.	Complejidad funcional
<i>Verificación de la Composición Automáticamente (VA)</i>	Denota la capacidad de la herramienta para comprobar de forma automática que una composición sea correcta sintácticamente.	Correctitud funcional
<i>Escalabilidad (ES)</i>	Denota la capacidad de la herramienta de permitir al aumento de componentes y/o operaciones.	Pertinencia funcional

Tabla 4 – Funciones consideradas en la evaluación.

3.3.2. Evaluando Usabilidad: Evaluación Heurística

Para evaluar problemas generales de usabilidad en herramientas de composición de componentes que sean relevantes al contexto de usuarios finales, se considera que la evaluación heurística es un método apropiado (Nielsen & Molich, 1990).

La evaluación heurística es un método en el cual un grupo de expertos inspecciona un producto de software con el fin de determinar si se adhiere o no a un conjunto de principios o heurísticas de diseño. La palabra “heurística” viene de la griega “eureka”, y en el contexto de la evaluación heurística, se refiere a una serie de principios generales que consideran los expertos para llevar a cabo dicha evaluación. Estos principios se adecúan para asegurar que se adaptan al contexto de la interfaz del software que se va evaluar.

Existen evidencias sobre que bastan entre tres y cinco expertos para encontrar, aproximadamente, el 75% de los problemas de usabilidad (González, Lorés, & Pascual, 2006).

La evaluación heurística es considerada económica, intuitiva y utilizable en las primeras fases del proceso de desarrollo, esto para detectar la mayor cantidad posible de problemas de usabilidad antes de que el software esté en producción. Además permite

hallar tanto problemas mayores como menores (Martins, Alexandra, & Rocha, 2013), (Saltiveri, Fransi, & Salla, 2013).

Existen varias propuestas de heurísticas o principios de diseño que pueden ser considerados en la evaluación heurística de la usabilidad. En la Tabla 5 se listan algunas de las más relevantes en la literatura: las propuestas por Nielsen (Nielsen J. , 1994), Tognazzini (Tognazzini, 2014) y, Shneiderman y Plaisant (Shneiderman & Plaisant, 2010). Para facilitar su comprensión se han organizado en categorías. Teniendo en cuenta los aspectos que afectan la usabilidad en el contexto de los usuarios objeto de estudio y la tarea realizada, se indican con letras negritas cursivas cuáles de estas heurísticas han sido consideradas en esta evaluación. A continuación se describe esta selección.

El principio de anticipación, definido por Tognazzini, hace referencia a que los sistemas deberían anticiparse a las necesidades y deseos del usuario. Se debe evitar que los usuarios tengan que buscar o recordar mucha información durante el uso del sistema y, en cambio, mostrarle la información y herramientas necesarias para realizar su trabajo. De esta forma, la consideración de este principio en el diseño de las herramientas de composición facilitaría a un usuario final realizar la selección de los componentes que satisfagan no solo las características funcionales requeridas (aspecto: selección de componentes disponibles en la Tabla 1), sino también los que satisfagan la calidad servicio de la composición requeridas para la composición (aspecto: estimación de calidad de servicio de la composición en la Tabla 1).

Como se observa en la Tabla 5, en la categoría manejo de errores hemos agrupado heurísticas y principios, propuestos por los tres autores, relacionados con este tema. En todos estos se comparte la visión de que el sistema debe ser capaz de reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores. Así, el considerar las heurísticas y principios en esta categoría en el diseño de las herramientas de composición evitaría que el usuario final tuviera que detectar, diagnosticar y resolver manualmente incompatibilidades entre los componentes que va a utilizar (aspecto: detección de incompatibilidades entre componentes en la Tabla 1).

Heurísticas como relación entre el sistema y el mundo real y reconocimiento antes que recuerdo, propuestas por Nielsen, establecen que el sistema debe hablar el lenguaje de los usuarios prefiriendo los conceptos y frases familiares a éstos. Por otra parte el principio de aprendizaje de Tognazzini indica que se debe reducir la curva de aprendizaje del uso sistema. De esta forma, estas heurísticas y principios en el diseño de las herramientas de composición contribuye a mejorar el nivel abstracción del lenguaje utilizado (aspecto: uso de un lenguaje de bajo nivel de abstracción en la Tabla 1).

La Tabla 6 define las sub-heurísticas que se consideraron para la evaluación del conjunto de heurísticas y principios presentados en la Tabla 5. Estas sub-heurísticas se seleccionaron de listas predefinidas --por ejemplo, (Nielsen J. , 1994), (Shneiderman & Plaisant, 2010), (Tognazzini, 2014). Algunas sub-heurísticas fueron adaptadas para corresponder mejor al contexto de los usuarios objeto de estudio, la composición realizada y las herramientas evaluadas. En esta evaluación se calculará el *nivel del severidad del error* provocado por el desapego a las sub-heurísticas. Esta métrica es muy común en la evaluación heurística; los detalles del cálculo de ésta métrica se describen en la sección 4.2.

Categoría	Descripción		
	Nielsen	Tognazzini	Shneiderman y Plaisant
Retroalimentación	Visibilidad del estado del sistema	Navegación visible Anticipación	Retroalimentación informativa
Control sobre el ambiente	Control y libertad del usuario	Eficiencia del usuario Autonomía Interfaces explorables	Revertir acciones Control por parte del usuario
Manejo de errores	Prevención de errores		Manejo de errores
	Ayudar a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de los errores		Manejo de errores
Aprendizaje	Valores por defecto		
	Relación entre el sistema y el mundo real	Aprendizaje Uso de metáforas Objetos humanos	
	Reconocimiento antes que recuerdo	Aprendizaje Uso de metáforas Objetos humanos	Reducir la carga de memoria de corto plazo
	Flexibilidad y eficiencia de uso		Uso de atajos
	Consistencia y estándares	Consistencia	Consistencia
	Ayuda y documentación		
	Valores por defecto		
Otros	Estética y diseño minimalista		
	Daltonismo		
	Ley de Fitts		
	Reducción de la latencia		
	Legibilidad		
	Guardar el estado		
	Protege el trabajo del usuario		
			Secuencias de acciones organizadas

Tabla 5 – Conjunto de heurísticas y principios seleccionados para la evaluación.

3.4.Participantes en la Evaluación

La evaluación de las herramientas seleccionadas fue realizada por cinco evaluadores, cuatro de ellos Licenciados en Informática y actualmente alumnos del cuarto semestre del programa de Maestría en Sistemas Interactivos Centrados en el Usuario de la Universidad Veracruzana. El quinto evaluador es Licenciado en Informática y Maestro en Redes y Sistemas Integrados y cuenta con 3 años de experiencia laboral en el desarrollo de sistemas basados en componentes.

Aspecto	Heurísticas y Principios	Sub-heurísticas
Selección de componentes disponibles	Anticipación	A1. Al inicio del proceso de composición el usuario puede especificar los aspectos funcionales y de calidad del servicio que espera de la composición.
Estimación de calidad de servicio de la composición		A2. Durante el proceso de composición se sugiere al usuario los componentes que satisfacen la funcionalidad y calidad del servicio.
Detección de incompatibilidades entre componentes.	Prevención de errores	E1. Durante el proceso de composición se previene que los usuarios cometan errores.
	Ayudar a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de los errores	E2. Durante el proceso de composición, si se detectan errores se informan las posibles causas.
	Manejo de Errores	E3. Durante el proceso de composición, si se detectan errores se sugieren posibles soluciones para resolverlos.
		E4. Los mensajes de error, e información relacionada, se comunican usando un lenguaje poco técnico.
Uso de un lenguaje de bajo nivel de abstracción	Relación entre el sistema y el mundo real	L1. Los íconos son claros y usan un lenguaje visual intuitivo y poco técnico.
	Reconocimiento antes que recuerdo	L2. El lenguaje de composición es claro y poco técnico.
	Aprendizaje	

Tabla 6 – Conjunto de sub-heurísticas seleccionadas para la evaluación.

4. Resultados Obtenidos

En las siguientes secciones, se muestran los resultados consolidados de las evaluaciones realizadas por los expertos.

4.1. Resultados de la Evaluación de la Adecuación Funcional

En las Tablas 7 y 8 se muestran los resultados obtenidos por los cinco expertos (E1 - E5) en la evaluación de la adecuación funcional de las herramientas de composición seleccionadas. En la tablas, si la herramienta provee la función se denota con un 1 y si no con un 0. La columna “R” es el promedio obtenido de los valores de los cinco expertos.

Como se puede observar, la mayoría de las herramientas permiten generar la composición automáticamente (función CA). Solamente LONI PipeLine no cuenta con

esta capacidad. También se puede ver que todas las herramientas permiten verificar de forma automática la correctitud de la composición (función VA). Cuando se trata de aumentar componentes y/o operaciones a la composición (función ES), la mayoría de las herramientas cuentan con esta capacidad; la excepción fue Yahoo Pipes!.

Función	Apache ODE						BonitaSoft						LONI Pipeline					
	E1	E2	E3	E4	E5	R	E1	E2	E3	E4	E5	R	E1	E2	E3	E4	E5	R
CA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
VA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ES	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabla 7 – Resultados de la evaluación de la adecuación funcional - I.

Función	Taverna						Wave Maker						Yahoo Pipes!					
	E1	E2	E3	E4	E5	R	E1	E2	E3	E4	E5	R	E1	E2	E3	E4	E5	R
CA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
VA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ES	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0

Tabla 8 – Resultados de la evaluación de la adecuación funcional - II.

La adecuación funcional (AF) de cada herramienta (h), podría ser evaluada usando la siguiente fórmula:

$$AF(h) = 1 - A/B$$

donde:

A denota el número de funciones ausentes o problemáticas en la evaluación,
 B denota el número de funciones consideradas,

quedando como sigue:

$$AF(\text{Apache ODE}) = 1 - 0/3 = 1$$

$$AF(\text{BonitaSoft}) = 1 - 0/3 = 1$$

$$AF(\text{LONI Pipeline}) = 1 - 1/3 = 0.6$$

$$AF(\text{Taverna}) = 1 - 0/3 = 1$$

$$AF(\text{Wave Maker}) = 1 - 0/3 = 1$$

$$AF(\text{Yahoo Pipes!}) = 1 - 1/3 = 0.6$$

Considerando que un valor de AF lo mas cercano a 1 es mejor, solamente las herramientas de composición LONI Pipeline y Yahoo Pipes! tienen un valor no óptimo de adecuación funcional.

4.2. Resultados de la Evaluación de Usabilidad

En la Tabla 9 y la Tabla 10 se muestran los resultados obtenidos por cada experto (E1 – E5) durante la evaluación de usabilidad de las herramientas de composición seleccionadas. Los valores denotan el nivel de severidad del error (NS) detectado en la evaluación el cual se calcula como sigue:

$$NS = (F) \times (I)$$

donde:

F denota la frecuencia con la que se incurre en el error.

I denota el impacto asociado a cada sub-heurística.

La frecuencia (F) puede tomar los siguientes valores:

0 = nunca.

1 = a veces.

2 = muchas veces.

El impacto (I) puede tomar los siguientes valores:

0 = No es problema de usabilidad.

1 = Problema sin importancia, no es necesario arreglarlo a menos que haya tiempo.

2 = Problema de poca importancia, arreglarlo no tiene mucha importancia.

3 = Problema grave, es importante arreglarlo.

4 = Problema catastrófico, es vital arreglarlo.

Con base en lo anterior, el nivel de severidad (NS) puede tomar los siguientes valores:

0 = No es un error.

1 - 2 = Error sin importancia.

3 - 4 = Error de grado medio.

5 - 6 = Error grave.

7 - 8 = Error catastrófico

En la Tabla 9 y la Tabla 10 el valor mostrado en las columnas E1, E2, E3, E4, E5 indica el nivel de severidad del error (NS) detectado por cada experto. La columna “R” es el promedio obtenido de los valores de los cinco expertos. Este promedio está graficado en la Figura 1 y se observa lo siguiente.

Sub-heurísticas	Apache ODE						BonitaSoft						LONI Pipeline					
	E1	E2	E3	E4	E5	R	E1	E2	E3	E4	E5	R	E1	E2	E3	E4	E5	R
A1	8	6	8	6	6	6.8	8	6	8	2	6	6	8	6	8	1	8	6.2
A2	8	6	8	3	6	6.2	6	6	6	1	6	5	8	1	8	2	6	5
E1	6	3	6	3	8	5.2	3	4	4	3	6	4	6	1	3	2	6	3.6
E2	6	3	6	8	6	5.8	6	6	6	3	6	5.4	6	1	6	3	6	4.4
E3	8	6	8	8	8	7.6	6	8	8	8	6	7.2	6	2	8	6	6	5.6
E4	8	8	8	8	8	8	8	3	8	8	6	6.6	6	3	8	3	6	5.2
L1	8	8	8	6	6	7.2	8	3	6	1	6	4.8	6	2	3	2	6	3.8
L2	8	6	8	3	8	6.6	8	2	8	2	6	5.2	6	2	3	3	6	4

Tabla 9 – Resultados de la evaluación de usabilidad - I.

Sub-heurísticas	Taverna						Wave Maker						Yahoo Pipes!					
	E1	E2	E3	E4	E5	R	E1	E2	E3	E4	E5	R	E1	E2	E3	E4	E5	R
A1	8	6	8	3	6	6.2	8	6	8	2	6	6	8	6	8	2	6	6
A2	8	6	8	3	6	6.2	8	6	8	2	6	6	6	6	8	3	6	5.8
E1	6	6	2	3	6	4.6	8	3	8	4	6	5.8	6	2	8	4	6	5.2
E2	6	3	6	6	6	5.4	6	2	8	3	6	5	6	2	8	6	6	5.6
E3	8	8	8	4	6	6.8	8	4	8	6	6	6.4	8	4	8	6	6	6.4
E4	8	6	6	6	6	6.4	8	8	8	6	6	7.2	8	3	6	8	6	6.2
L1	8	8	8	3	6	6.6	8	3	8	2	6	5.4	8	2	8	6	6	6
L2	8	3	8	2	6	5.4	8	8	8	2	6	6.4	8	2	8	6	6	6

Tabla 10 – Resultados de la evaluación de usabilidad - II.

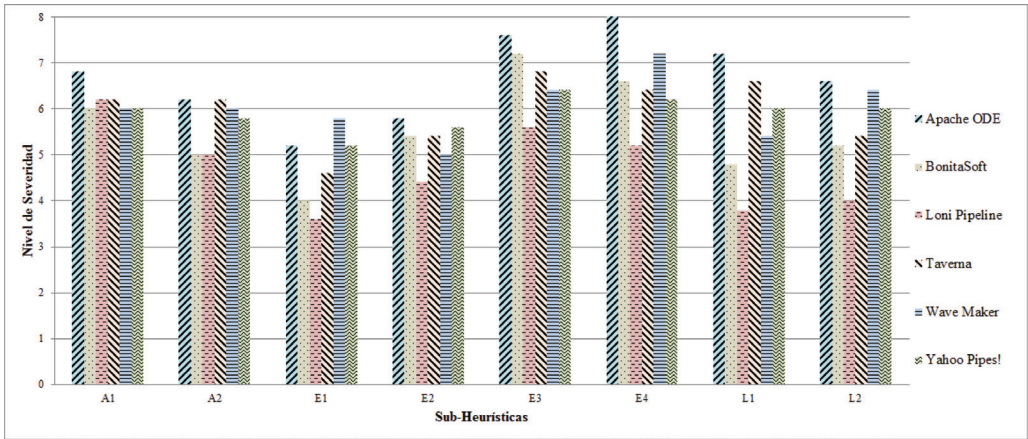


Figura 1 – Resultados obtenidos de la evaluación heurística.

La anticipación es un problema que va de grave a catastrófico (valores de 5 a 7), debido a que ninguna de las herramientas ofrece soporte para especificar, al inicio del proceso de composición, los aspectos funcionales y de calidad del servicio que se espera del sistema a construir (sub-heurística A1). Como consecuencia de lo anterior, ninguna de las herramientas evaluadas ofrece soporte para realizar la selección de componentes considerando los aspectos funcionales y de calidad de servicio requeridos (sub-heurística A2). El usuario final tiene siempre que resolver todo esto de forma manual.

En lo que se refiere al manejo de errores se detectó que es un problema que va de grado medio a catastrófico (valores de 4 a 8), ya que algunas herramientas brindan cierto soporte para prevenir errores (sub-heurística E1). Sin embargo, cuando se presentan errores, los mensajes de error no brindan información de la causa y tampoco de cómo resolver el error presentado (sub-heurísticas E2 y E3), además los mensajes se comunican al usuario usando un lenguaje técnico (sub-heurística E4).

Finalmente, el uso de un lenguaje de bajo nivel en la composición es un problema que va desde grado medio hasta catastrófico (valores de 4 a 7), esto porque todas las herramientas utilizan íconos poco intuitivos y un lenguaje muy técnico para los usuarios finales (sub-heurísticas L1 y L2). Sin embargo, algunas tienen un lenguaje que puede ser más técnico que el utilizado en otras y dado que los evaluadores tienen conocimientos en desarrollo de sistemas, no calificaron el lenguaje utilizado como un lenguaje muy técnico.

Conclusiones y Trabajo Futuro.

En este trabajo se presentó una evaluación de herramientas de composición para detectar problemas generales de adecuación funcional y usabilidad relevantes al contexto de un usuario final. En contraste con algunos trabajos relacionados, una contribución importante de la evaluación presentada es que se usaron funciones y heurísticas que fueron identificadas considerando un conjunto de aspectos intrínsecos al desarrollo centrado en composición y a los usuarios finales.

A partir de los resultados de la evaluación realizada se puede concluir que las herramientas evaluadas presentan pocos problemas de adecuación funcional y varios problemas de usabilidad para un usuario final. Entre los más importantes de usabilidad se encuentran el nulo soporte ofrecido para la especificación de aspectos funcionales y de calidad del servicio del sistema a construir y para la selección de componentes basada en dichas especificaciones. Además de que las herramientas no proveen funciones que brinden el soporte necesario a los usuarios para resolver los errores que puedan tener al hacer una composición, ya que como se observó, las herramientas no muestran las causas ni las posibles soluciones a dichos errores.

Aunque estos problemas son generales, consideramos que es importante conocerlos pues proveen un conjunto inicial que puede ser considerado para, como trabajo futuro, mejorar las muchas herramientas de composición actuales. Igualmente estos problemas proveen la base para realizar futuras evaluaciones considerando contextos más específicos a determinados tipos de usuarios finales --por ejemplo, sociólogos, biólogos.

Con base en los resultados obtenidos, consideramos que la evaluación heurística fue un método apropiado para detectar problemas de usabilidad generales. Sin embargo, en

dominios de aplicación específicos sería necesario utilizar otras técnicas de evaluación; preferentemente aquellas que involucren a usuarios finales.

Agradecimientos

Los autores desean reconocer a los revisores anónimos de este artículo por sus útiles sugerencias. La primera autora agradece a CONACYT-Mexico el apoyo para la realización de sus estudios de Maestría en Sistemas Interactivos Centrados en el Usuario (No. de becario: 297377).

Referencias

- Abiteboul, S., Greenshpan, O., & Milo, T. (2008). Modeling the mashup space. 10th ACM workshop on Web information and data management (pp. 87-94). ACM.
- Al Sarraj, W. (2014). Toward Usability Evaluation Criteria for Web Mashup Makers for End-Users. *International Journal of Advanced Computer Technology* , 3, 23-32.
- Apache, S. F. (205). Apache ODE. From <http://ode.apache.org/>
- Apatar, I. (2014). Apatar. Connecting data. From <http://www.apatar.com/>
- Baryannis, G., & Plexousakis, D. (2010). Automated Web Service Composition: State of the Art and Research Challenges. Foundation for Research & Technology - Hellas - Institute of Computer Science.
- Beek, M., Bucchiarone, A., & Gnesi, S. (2007). A Survey on Service Composition Approaches: From Industrial Standards to Formal Methods. Second International Conference on Internet and Web Applications and Services (pp. 15-21). IEEE Computer Society .
- Bhagat, J., Tanoh , F., Nzuobontane, E., Laurent , T., Orlowski, J., Roos, M., et al. (2010). BioCatalogue: a universal catalogue of web services for the life sciences. *Nucleic Acids Research* , 689-694 .
- Bonitasoft, I. (2015). Bonitasoft. From <http://www.bonitasoft.com/>
- Cauldwell, P., Chawla, R., & Chopra, V. (2002). Servicios Web XML. España: Anaya Multimedia-Anaya Interactiva.
- Clements , P., & Northrop, L. (2001). Software Product Lines: Practices and Patterns. Boston, MA, USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.
- Erl, T. (2005). Service-Oriented Architecture: Concepts, Technology, and Design. Prentice Hall.
- Feenstra, R. W., Janssen, M., & Wagenaar, R. W. (2007). Evaluating Web Service Composition Methods: the Need for Including Multi-Actor Elements. *Electronic Journal of e-Government* , 5 (2), 153--163.
- Fowler, M. (2014). Microservices. From <http://martinfowler.com/articles/microservices.html>

- Garcês, R., De Jesus, T., Cardoso, J., & Valente, P. (2009). Open Source Workflow Management Systems: A Concise Survey. In *GWDL: A graphical workflow definition language for business workflows*. Springer Berlin Heidelberg.
- Garlan, D., Dwivedi, V., Ruchkin, I., & Schmerl, B. (2012). Foundations and Tools for End-user Architecting. 17th Monterey Conference on Large-Scale Complex IT Systems: Development, Operation and Management (pp. 157-182). Springer-Verlag.
- González, M. P., Lorés, J., & Pascual, A. (2006). Evaluación Heurística. In *La Interacción Persona Ordenador* (pp. 1-40). AIPO Press.
- Hassan Montero, Y., & Ortega Santamaría, S. (2009). Informe APEI sobre usabilidad. APEI.
- Hollingsed, T., & Novick, D. G. (2007). Usability inspection methods after 15 years of research and practice. Annual ACM International Conference on Design of Communication (pp. 249-255). ACM.
- Insfran, E., Cedillo, P., Fernández, A., Abrahão, S., & Matera, M. (2012). Evaluating the Usability of Mashups Applications. Eighth International Conference on the Quality of Information and Communications Technology (pp. 323-326). IEEE Computer Society.
- ISO/IEC. (1998). ISO 9241-11:1998 Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDT)s - Part 11 Guidance on usability.
- ISO/IEC. (2011). ISO/IEC 25010:2011 Systems and software engineering -- Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) -- System and software quality models. ISO.
- JOpera.org. (2013). JOpera. Process Support for Web Services. From <http://www.jopera.org/>
- Kapow. (2015). Kapow Software. A Kofax Company. From <http://www.kapowtech.com/>
- Knoke, D., & Yang, S. (2008). Social Network Analysis. SAGE Publications, Inc.
- Laboratory, o. N. (2015). Loni Pipeline. From <http://pipeline.bmap.ucla.edu/>
- Malinga, M., Gruner, S., & Koschmider, A. (2013). Quality and Usability of Mashup Tools: Criteria and Evaluation. South African Institute for Computer Scientists and Information Technologists Conference (pp. 154-159). ACM.
- A.I. Martins, Q. Alexandra, N.P. Rocha (2013). Avaliação de Usabilidade: Uma Revisão Sistemática da Literatura. Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información. Vol. 11, 31-43.
- Mehandjiev, N., Namoune, A., Wajid, U., Macaulay, L., & Sutcliffe, A. (2010). End user service composition: Perceptions and requirements. 8th European Conference on Web Services (pp. 139-146). IEEE Computer Society.
- Minhas, S. S., Sampaio, P., & Mehandjiev, N. (2012). A Framework for the Evaluation of Mashup Tools. Ninth International Conference on Services Computing (pp. 431-438). IEEE Computer Society.

- Morisio, M., Seaman, C., Basili, V., Parra, A., Kraft, S., & Condon, S. E. (2002). COTS-based software development: processes and open issues. *Journal of Systems and Software*, 61 (3), 189-190.
- Muñoz Jiménez, J. A. (2010). Programación con AJAX. From <http://jamj.webcindario.com/programacion/ajax/AJAX.pdf>
- Nielsen, J. (1994). Enhancing the Explanatory Power of Usability Heuristics. *Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 152--158). ACM.
- Nielsen, J., & Molich, R. (1990). Heuristic evaluation of user interfaces. *SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 249--256). ACM.
- Patel, A., Na, L., Latih, R., Wills, C., Shukur, Z., & Mull, R. (2010). A Study of Mashup as a Software Application Development Technique with Examples from an End-User Programming Perspective. *Journal of Computer Science*, 6 (12), 1406-1415.
- Portchelvi, V., Prasanna Venkatesan, V., & Shanmugasundaram, G. (2012). Achieving Web Services Composition – a Survey. 2 (5), 195-202.
- RedHat. (2014). JBoss Developer. From <http://www.jboss.org/>
- Roy Chowdhury, S. (2012). Assisting End-user Development in Browser-based Mashup Tools. *International Conference on Software Engineering* (pp. 1625-1627). IEEE Computer Society.
- RSSBus, I. (2014). RSSBus. From <http://www.rssbus.com/>
- RunaWFE. (2013). RunaWFE. From <http://wf.runa.ru/>
- T.G. Saltiveri, E.C. Fransi, Y. M Salla (2013). Análisis de usabilidad de cooperativas del sector de la fruta y aceite en el área de Lleida. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información*. Vol. 11, 31-43.
- School of Computer Science, U. o. (2010). Taverna. From <http://www.taverna.org.uk/>
- Seffah, A., Donyaee, M., B. Kline, R., & K. Padda, H. (2006). Usability measurement and metrics: A consolidated model. *Software Quality Control*, 4 (2), 159--178.
- Shneiderman, B., & Plaisant, C. (2010). *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction: Fifth Edition*. Addison-Wesley Publ. Co.
- Sommerville, I. (2006). *Ingeniería de Software*. Pearson Addison Wesley.
- Taylor, R. N., Medvidovic, N., & Dashofy, E. M. (2009). *Software Architecture: Foundations, Theory, and Practice*. Wiley Publishing.
- team, T. i. (2015). igraph R package. From <http://igraph.org/r/>
- ter Beek, M., Bucchiarone, A., & Gnesi, S. (2007). Web Service Composition Approaches: From Industrial Standards to Formal Methods. *International Conference on Internet and Web Applications and Services*, (pp. 15-21). IEEE Computer Society.
- Together Teamsolutions Co., L. (2011). Together - Professional Open Source. From <http://www.together.at/prod/workflow/tws>

- Tognazzini, B. (2014). First Principles of Interaction Design. From Ask.Tog: <http://asktog.com/atc/principles-of-interaction-design/>
- Twitter, I. (2015). REST APIs - Twitter Developers. From <https://dev.twitter.com/rest/public>
- WaveMaker, I. (2014). WaveMaker. From <http://www.wavemaker.com/>
- Yahoo!, I. (2014). Yahoo Pipes! From <https://pipes.yahoo.com/pipes/>
- Yeltayeva, K. (2012). Usability Study of the Taverna Scientific Workflow Workbench. University of Manchester, Faculty of Engineering and Physical Sciences. University of Manchester.
- Zhao, Z., Bhattarai, S., Liu, J., & Crespi, N. (2011). Mashup services to daily activities: end-user perspective in designing a consumer mashups. International Conference on Information Integration and Web-based Applications and Services (pp. 222-229). ACM.

Mejoras del proceso endoscópico usando aplicaciones móviles

Miguel A. Razo Salas¹, Sodel Vázquez Reyes¹, Roberto Solís Robles¹

mikesalas21@gmail.com, vazquezs@uaz.edu.mx, rsolis@uaz.edu.mx

¹Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica-Universidad Autónoma de Zacatecas, 98000, Zacatecas, México.

DOI: 10.17013/risti.17.115–127

Resumen: La endoscopia es un proceso utilizado para realizar operaciones quirúrgicas donde se introduce al cuerpo humano una cámara de video (endoscopio) transmitiendo así imágenes y video a una pantalla. En la actualidad el Hospital General de Zacatecas, al no contar con el equipo médico adecuado, se utiliza un endoscopio genérico conectado mediante el puerto USB a una computadora portátil y así realizar los procedimientos quirúrgicos. Sin embargo, es conveniente sustituir la computadora portátil utilizando un dispositivo móvil para mostrar las imágenes captadas, capturarlas y grabar video con el endoscopio genérico, facilitando la toma de decisiones a los doctores durante las operaciones quirúrgicas. El artículo muestra el proceso que se ha estado siguiendo para mejorar el procedimiento y darle otra opción a los doctores para resolver la problemática. Asimismo, se describen 30 pruebas reales de 14 diferentes procedimientos quirúrgicos, donde los resultados determinan que la solución propuesta es viable, ya que permite una mayor agilidad en el proceso y en la toma de decisiones.

Palabras-clave: endoscopia, software, proceso, Dashcam, endoscopio.

Endoscopic process improvement using mobile applications

Abstract: Endoscopy is a process used to make surgical operations where a video camera is introduced to a human body (endoscope) and transmits images and video to the screen. Currently, due to a lack of adequate medical equipment, the General Hospital of Zacatecas uses a generic endoscope connected through an USB port to a laptop, which helps perform surgical procedures. Nevertheless, it is convenient to replace the laptop with a mobile device to show the images taken with the generic endoscope, save them and record video, facilitating the decision-making process to the doctors during the surgical operations. This article shows the process that they have been following, in order to improve the procedure and give the doctors a second choice to resolve the issue. Furthermore, it describes 30 actual tests of 14 different surgical procedures, where the results determine that the solution given is viable, as it allows a better agility in the process and in the decision-making.

Keywords: endoscopy, software, process, Dashcam, endoscope.

1. Introducción

El uso y manejo de dispositivos móviles en la práctica médica apoyado con la aplicación y desarrollo de software especializado, constituyen una de las opciones que permiten agilizar el trabajo que se realiza en esta área, pues permite la administración de información y tiempo, registro de la salud y acceso, comunicación y consultas, referencias y obtención de información, administración y monitoreo del paciente, la toma de decisiones clínicas, la educación y entrenamiento médico, etc. (Ventola, 2014). En el caso de la endoscopia, el móvil y el software de asistencia médica han constituido una alternativa viable y práctica, pues permiten agilizar el diagnóstico médico y por tanto la toma de decisiones en el tratamiento de los pacientes.

En la actualidad, muchos de los logros y avances médicos son en parte consecuencia a los adelantos tecnológicos, los cuales hacen que el trabajo sea cada vez más rápido y sencillo de realizar, tal es el caso de la endoscopia. El incorporar los endoscopios al mercado ha sido un salto grande en el ámbito de la medicina ya que permite realizar operaciones con mayor precisión dentro del cuerpo humano sin la necesidad de realizar incisiones muy grandes en el paciente para poder llegar a visualizar los órganos internos. La endoscopia es una técnica que se usa para diagnosticar y realizar operaciones quirúrgicas donde se hace uso de una cámara de video especial llamada endoscopio, compuesto por un tubo de fibra óptica largo, flexible y en ocasiones con movilidad, que al introducirlo a través de un orificio natural, una incisión quirúrgica o una lesión transmite imágenes a una pantalla del interior del cuerpo humano, en dependencia del diagnóstico del paciente, y con base a las imágenes transmitidas, el doctor tiene la posibilidad de realizar un procedimiento quirúrgico con mayor exactitud. Normalmente este proceso se lleva a cabo con endoscopios profesionales en donde todos y cada uno de los componentes necesarios para realizar la endoscopia, ya están conectados y listos para usar, sin embargo, se tiene la alternativa de utilizar un endoscopio genérico (cámara web con un diseño y forma de endoscopio para simplificar la inserción al cuerpo humano) con salida de tipo USB para transmitir las imágenes, dando así una mayor flexibilidad y practicidad en la realización del proceso endoscópico.

Las tecnologías de información ha sido utilizadas en varios campos médicos, por ejemplo: un dispositivo BCI comercial, el Emotiv EPOC, para la adquisición de señales en una aplicación con detección inteligente de patrones neuronales en el posible tratamiento del dolor del miembro fantasma en pacientes amputados (Arango, Mazo, & Palacio, 2013); y para la gestión de la calidad, que ocupa un lugar estratégico en los hospitales, haciendo uso de herramientas informáticas en la arquitectura de la información con el objetivo de responder rápidamente a los cambios en las necesidades y requerimientos de los clientes (Freixo & Rocha, 2014).

2. Proceso y Necesidades

En tiempos recientes el Hospital General de Zacatecas no ha utilizado endoscopios profesionales por ser herramientas sumamente costosas, es por esto que ha estado realizando el proceso endoscópico de diferente manera a la cotidiana en base al endoscopio genérico mencionado en la introducción, el cual reúne y cumple con las exigencias médicas necesarias para realizar los procesos quirúrgicos y provee la mayoría de las funciones que los profesionales, véase tabla 1.

Endoscopio	Genérico	EG-2990i	GIF-XP150N
Marca	N/A	Pentax	Olympus
A prueba de Agua	✓	✓	□
Cámara HD	Excelente calidad	✓	Excelente calidad
Iluminación	✓	✓	✓
Captura de Video	✓	✓	✓
Captura de Foto	✓	✓	✓
Tamaño del cable	200 cm	105 cm	110 cm
Diámetro de cámara	7 mm	9.8 mm	5.5 mm
Resistente a temperaturas	Mayor a 80°	No info.	No info.
Movilidad de cámara	×	210/210 arriba/abajo, 120/120 izq/derecha	210/90 arriba/abajo, 100/100 izq/derecha
Canal de Trabajo	×	✓	✓

Tabla 1 – Especificación y comparación entre diferentes endoscopios (“Endoscopes: Upper Gastrointestinal (GI), Gastroscopy, EG-2990i,” 2014), (“Olympus América de México S.A. de C.V.,” 2014).

Con un valor menor a \$500.00 MX este endoscopio genérico contiene un CD con su software o driver para utilizarlo, y visualizar las imágenes transmitidas en una computadora conectándolos vía USB, lo cual por su practicidad y bajo costo, se utilizó para resolver los mismos problemas que un endoscopio profesional. Básicamente, el proceso que se sigue para realizar las operaciones quirúrgicas consta del primer paso que es conectar el endoscopio a la computadora portátil vía USB, después ejecutar el driver contenido en el CD para que la computadora se comuniquen con el endoscopio y pueda capturar imágenes y videos, una vez ya conectado el endoscopio a la computadora con el software funcionando es momento de que el doctor intube a su paciente para diagnosticar alguna enfermedad o realizar algún procedimiento quirúrgico, para esto, se fija el endoscopio al tubo por el cual el doctor meterá los instrumentos para posteriormente introducirlos juntos al interior del cuerpo humano, a causa de que el endoscopio genérico no tiene movilidad propia, es necesario que otro lo guíe para que así este transmita las imágenes del lugar donde el paciente tiene el problema. Una vez el paciente intubado, el doctor introduce sus herramientas de trabajo por el tubo y en base a las imágenes que son captadas por el endoscopio genérico puede tomar decisiones.

Esta herramienta da un alto grado de movilidad y acerca la posibilidad de que lugares con pocos recursos económicos tengan acceso a tecnología importante y necesaria para la salud de las personas y así los médicos brinden un servicio de mayor calidad y sin tantos riesgos. Para esto es obligatorio que el doctor lleve consigo una computadora portátil en caso de alguna emergencia porque de lo contrario no se podría realizar este proceso, lo cual le resta movilidad al proceso en sí y se tiene la posibilidad de que el doctor olvide la computadora por accidente. Por lo anterior, se busca mejorar aún más la movilidad que ya se logró con la PC y acortar los gastos, para así dar una solución con mayor grado de utilidad.

3. Solución y Cambio

Con la necesidad de optimizar aún más el proceso endoscópico se planteó una forma nueva de realizarlo, el proceso es muy similar y el concepto es el mismo. Para el procedimiento se necesita un cable OTG para conectar la salida USB del endoscopio a la entrada del celular, para visualizar las imágenes que el endoscopio transmita pero cambiando la computadora como herramienta básica, por un dispositivo móvil que trabaje bajo un sistema operativo Android, dando así un mayor grado de movilidad o portabilidad ya que el celular como herramienta día a día se ha ido convirtiendo en parte de la vida diaria de las personas. Según IAB México y la firma de investigación Millward Brown, hay 95.5 millones de líneas telefónicas celulares, que es equivalente a que un 85% de los mexicanos tiene un dispositivo móvil, de los cuales, el 17% es Smartphone (IAB Mexico, 2012), es decir alrededor de 16.235 millones de personas.

Se inició con la búsqueda de información para ver si era factible realizar una aplicación completamente nueva y desarrollarla desde sus inicios, entonces se accedió a la API de Android para verificar como es que se lograría la conexión entre el endoscopio y el dispositivo móvil, y se encontraron 7 clases para ello: *UsbManager*, *UsbDevice*, *UsbInterface*, *UsbEndPoint*, *UsbDeviceConnection*, *UsbRequest* y *UsbConstants*, las cuales permitirían la comunicación. Estas clases funcionan de manera que una vez que se inserta un dispositivo USB externo al móvil éste emite una notificación al usuario de tal evento. Ya conectado el dispositivo USB, es necesario identificarlo y esto se logra de una manera sencilla, ya que todos y cada uno de los dispositivos USB están divididos por categorías denominadas: *class*, *subclass*, *protocol*, *id_vendor* y *id_product*; cada una de ellas permite tener un identificador más específico para cada dispositivo y así trabajar con el adecuado. Naturalmente estas clases solo proveen métodos para la conexión y no para el manejo del endoscopio, es decir, no hay una API externa que nos indicara la manera de cómo controlar las funciones del endoscopio y existe poca información del mismo. Por consiguiente se tomó la decisión de buscar si ya existía código o aplicaciones que dieran solución a la problemática, dentro de ellas se descubrió una librería open source llamada android-webcam-library la cual dentro de sus características funcionales provee el control de cámaras web con soporte UVC (USB Video Class, clase que distingue a los dispositivos capaces de hacer streaming de vídeo), esta librería consta de dos partes fundamentales: 1) el servicio donde da el funcionamiento principal se ejecuta en segundo plano, y 2) la actividad en sí que hace uso de este servicio, ahora solo era cuestión de hacer funcionar el endoscopio genérico en conjunto con la librería que se acabó de mencionar. Para empezar se inició con una prueba rápida instalando la librería en un dispositivo real, para poder determinar si en realidad funcionaba con resultados no favorables porque la aplicación se cerraba a los pocos segundos de ejecutarse sin mostrar nada en pantalla, esto a causa de que el kernel de los dispositivos Android más recientes cuentan con una clase llamada *v4l2* para el streaming de video en lugar de la clase UVC requerida (Christopher Peplin, 2011), llegando a la conclusión de tomar otra alternativa donde el problema no fuera tan específico.

Dentro de las alternativas encontradas estaban tres aplicaciones en Play Store que según su descripción sirven para capturar fotografías y grabar videos desde una cámara USB

conectada a un dispositivo inteligente, 1)USBCamera, 2)SnapExWebcam y 3)Dashcam se realizaron pruebas con las tres aplicaciones anteriormente mencionadas, al instalar el USB Camera se conectó el endoscopio al dispositivo móvil y se ejecutó la aplicación, pero no transmitió imágenes y se cerraba por razones desconocidas, ya que el puerto USB por el cual se pudiera hacer una depuración de la aplicación para verificar el error arrojado por la falla estaba ocupado por la conexión de la cámara web; una vez obtenido este resultado poco favorable se procedió a instalar SnapExWebCam teniendo el mismo resultado anterior. Sin embargo ya como última opción quedo instalar y probar Dashcam y verificar si esta podría resolver el problema, lo cual nos llevó a ejecutar la aplicación y funcionó perfectamente, ya que transmitía las imágenes al celular sin ningún problema y capturaba fotos y videos que guardaba en la memoria interna del celular con opciones de resolución de imágenes.

Ahora el proceso endoscópico es realizado mediante el endoscopio y el dispositivo móvil, esto con la ayuda de las siguientes tres aplicaciones:

- Dashcam
 - Aplicación para visualizar las imágenes transmitidas del endoscopio al celular y capturar imágenes en formato.jpg y videos en.mp4
- Video player for Android
 - Aplicación que permitirá ver los videos guardados por Dashcam ya que el reproductor nativo de Android no soporta los videos grabados por la aplicación
- Mis Archivos (Aplicación nativa de Android)
 - Las imágenes capturadas por Dashcam no se muestran directamente en la galería del celular hasta que este sea reiniciado y la galería sea actualizada. Sin embargo se puede acceder a las imágenes mediante esta aplicación dirigiéndonos a la ruta DCIM/Dashcam donde se encuentran las imágenes y videos que sean capturados

Es necesario indicar que Dashcam tiene sus limitaciones: 1) muchos dispositivos no dan soporte para UsbHost que permite poder conectar dispositivos USB externos al móvil y 2) las versiones de Android 4.4.2 necesitan tener permisos de súper usuario y con versiones 4.3 es posible que también los necesite, véase la tabla 2.

El proceso se hace conectando el endoscopio al cable OTG y este a su vez se conecta al dispositivo móvil, ya conectado el endoscopio se ejecuta la aplicación Dashcam y si su dispositivo cumple con las características, en pantalla se mostrará lo que el endoscopio este capturando con su cámara. Hecho esto es posible que el doctor realice cualquier operación quirúrgica que necesite el paciente. A pesar de ello, se trata de una solución temporal, ya que el código fuente de la aplicación Dashcam se tiene que modificar.

Modelo	Versión de Android	Súper Usuario (device rooted)	Soporta UsbHost	Funcionó
Samsung Galaxy S4	4.2.2	×	✓	✓
Samsung Galaxy S4	4.4.2	×	✓	×
Samsung Galaxy S4	4.4.2	✓	✓	✓
Samsung Galaxy Tab 4	4.4.2	×	✓	×
LG I9	4.1.2	×	✓	×
LG Hub	2.3.4	×	×	×
Sony Xperia N1	4.3	×	×	×
Alcatel 6030	4.0.4	×	✓	×

Tabla 2 – Dispositivos de prueba Dashcam¹.

El siguiente paso por realizar son las pruebas con la aplicación en su estado original en situaciones reales, es decir, intubar y realizar procedimientos quirúrgicos en pacientes reales dentro de un quirófano para así conocer si es factible llevar a cabo la modificación de la aplicación y obtener una acorde a las necesidades del doctor.

4. Análisis de Resultados y Beneficios

Existen diversos procedimientos quirúrgicos que se pueden realizar con el uso de esta aplicación tales como la **tiroidectomía** que básicamente es cualquier intervención sobre la glándula tiroides en la que se extirpe toda o una parte de ella (Palés Castro Marisol, 2000) como se muestra la figura 1.

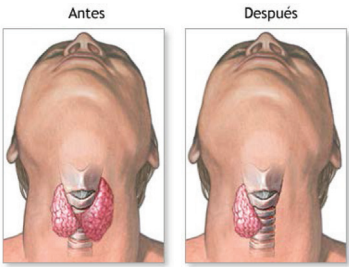


Figura 1 – Extirpación de una parte de la tiroides

La **amigdalectomía** que es la extirpación de las amígdalas palatina (Palés Castro Marisol, 2000), véase figura 2.

¹ La tabla 2 hace referencia a los dispositivos en los cuales se probó la aplicación Dashcam. La columna Súper Usuario indica si el dispositivo esta rooteado, es decir, si tiene permisos de súper usuario y la columna Soporta UsbHost indica si el dispositivo soporta esta característica.

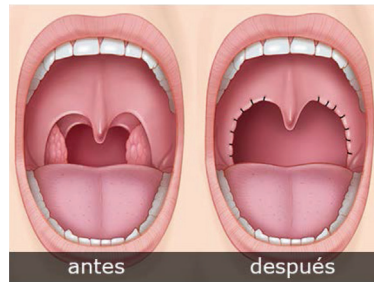


Figura 2 – Extirpación de las amígdalas

La **apendicectomía** es la extirpación quirúrgica del apéndice cecal (Palés Castro Marisol, 2000). Para este procedimiento se hace una pequeña incisión en la parte inferior izquierda del abdomen (véase figura 3) para después realizar la extirpación véase figura 4.

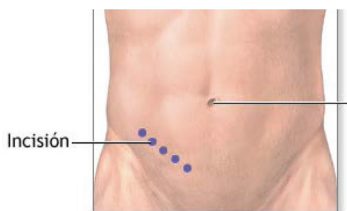


Figura 3 – Incisión para retirar el apéndice

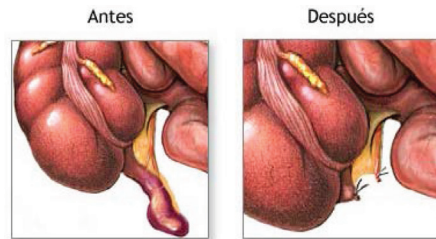


Figura 4: Extirpación de apéndice

Colecistectomía laparoscópica: Extirpación quirúrgica de la vesícula biliar mediante técnica laparoscópica (Palés Castro Marisol, 2000), como se muestra en la figura 5.

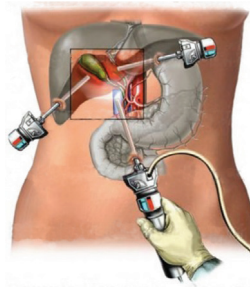


Figura 5 – Extirpación de vesícula biliar

El **estrabismo** que es la desviación espontánea de los ejes oculares, la **mastectomía** extirpación total de la glándula mamaria o de una parte de la misma, **septumplastia**, cirugía que se realiza para corregir las deformidades o desviaciones del tabique nasal, también llamado septum nasal y muchos otros procedimientos (Palés Castro Marisol, 2000).

Al contar con una aplicación funcional, se probó en un ambiente real con el doctor Guillermo Velázquez, quien realizó 30 pruebas de 14 diferentes procedimientos quirúrgicos dentro de los cuales vienen los anteriormente dichos, en pacientes del Hospital General de Zacatecas donde solo se presentó una complicación, que a mitad de uno de los procedimientos entro una llamada al dispositivo, en el cual se visualizaban las imágenes, este se resolvió activando el modo avión durante los procedimientos posteriores a este, véase la tabla 3. Cabe mencionar que cuando se tiene un cero en la columna de minutos grabados y numero de fotografías es porque el procedimiento quirurgico se realizo sin ninguna necesidad de grabar o guardar archivos. Todas las pruebas fueron realizadas en un dispositivo Samsung S4.

	Procedimiento quirúrgico	Minutos grabados	Numero de Fotografías	Complicación
1	TIROIDECTOMIA	0	0	NO
2	AMIGDALECTOMIA	0	1	NO
3	AMIGDALECTOMIA	2	0	NO
4	LAPAROTOMIA EXPLORADORA	0	0	NO
5	TRAUMATISMO CRANEOENCEFALICO	0	0	SI
6	SEPTUMPLASTIA	1	1	NO
7	SEPTUMPLASTIA	0	0	NO
8	AMIGDALECTOMIA	0	0	NO
9	AGENESIA DE COANAS	1	0	NO
10	SEPTUMPLASTIA	1	0	NO
11	LAPAROTOMIA EXPLORADORA	0	0	NO
12	TIRIODECTOMIA	0	0	NO
13	FRACTURA DE MANDIBULA	0	0	NO
14	TUMORACION DE LENGUA	0	0	NO
15	TRAUMATISMO CRANEOENCEFALICO	0	0	NO
16	SEPTUMPLASTIA	0	0	NO
17	AMIGDALECTOMIA	0	0	NO
18	ESTRABISMO	0	0	NO
19	ESTRABISMO	0	0	NO
20	QUEMADURA EN CARA	0	0	NO
21	AMIGDALECTOMIA	0	0	NO
22	LAPAROTOMIA EXPLORADORA	0	0	NO
23	SEPTUMPLASTIA	0	0	NO

	Procedimiento quirúrgico	Minutos grabados	Numero de Fotografías	Complicación
24	APENDICECTOMIA	0	0	NO
25	COLECISTECTOMIA LAPAROSCOPICA	0	0	NO
26	COLECISTECTOMIA LAPAROSCOPICA	0	0	NO
27	RESECCION DE TUMOR DE RIÑON	0	0	NO
28	MASTECTOMIA	0	0	NO
29	MASTECTOMIA	0	0	NO
30	TIROIDECTOMIA	0	0	NO

Tabla 3 – Bitácora de pruebas realizadas en quirófano.

Todo esto con ayuda de Dashcam y el endoscopio que en todas y cada una de las pruebas fue introducido ya sea por la cavidad bucal, alguna incisión que se haya hecho u orificio natural dependiendo del procedimiento quirúrgico que se haya practicado, ayudando así al doctor a tener una mejor visión del lugar.

Los sistemas endoscópicos actuales tienen muchas características muy útiles tales como: calendario y monitoreo de pacientes, generación de reportes, interface de patología, registro de instrumentos su uso y mantenimiento del mismo, inventario de fármacos y suministros, investigación y búsqueda clínica, entre otras (Atreja, Rizk, & Gurland, 2010). Aunque Dashcam no provea muchas de estas características, si nos da la funcionalidad fundamental que es visualizar lo que el endoscopio muestra del interior humano, agregándole que puede capturar fotos y videos; cabe mencionar que la calidad de la imagen es muy buena, tal como puede verse en la Figura 6 y 7.



Figura 6 – Fotografía de la epiglotis tomada durante una de las pruebas realizadas por el Doctor Guillermo Velázquez

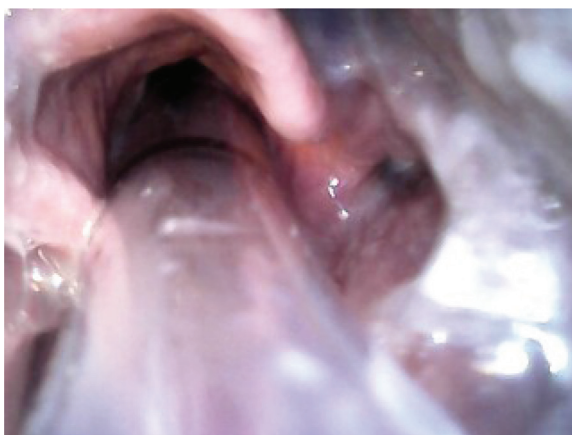


Figura 7 – Intubación del paciente

Ahora bien, las funciones que el endoscopio provee para PC no son muy diferentes de las que nos da la aplicación Dashcam, ya que en la PC nos permite capturar fotografías y videos y configurar el lugar donde se guardaran al igual que en la aplicación, la única diferencia que se tiene es que en el software de PC se tiene una especie de temporizador el cual restringe el tiempo de duración de los videos. Por consiguiente se puede asegurar que en cuanto a procesos, calidad de imagen, conectividad y funciones son practicante los mismos; donde se ve la diferencia es en la agilidad, movilidad y robustez de los aparatos ya que un dispositivo móvil es más compacto y hace que su uso sea más sencillo y rápido de utilizar.

Se consiguió mejorar el procedimiento endoscópico, ya que al cambiar la PC por un dispositivo móvil, las herramientas necesarias para realizarlo son más prácticas, ahora solo será de carácter obligatorio llevar el endoscopio y el cable OTG, ya que el dispositivo móvil en la actualidad es muy difícil que se olvide por accidente en algún lugar y aun cuando pase esto como se mencionó en el apartado anterior más de 16.235 millones de personas en México cuentan con un Smartphone, lo cual hace que tu herramienta de trabajo la puedas encontrar casi en cualquier lugar que se esté ya que una endoscopia “se puede realizar en la oficina del doctor, algún centro de cirugía ambulatoria o en un hospital” (Mayo Clinic Staff, 2015).

Después de la realización de las pruebas y sabiendo que la aplicación Dashcam era de utilidad y que mejoraba el proceso endoscópico, se procedió a obtener el código fuente de la aplicación con ingeniería inversa para así realizar modificaciones al mismo y obtener una aplicación acorde a las necesidades del doctor. Se podrían quitar características innecesarias para la endoscopia, tales como: remover anuncios de la aplicación, quitar los tamaños de resoluciones del menú ya que el endoscopio tiene como predeterminada 640x480, quitar los mensajes de depuración en consola y dejar por default en modo pantalla completa.

Actualmente se encuentra en proceso de adaptación, ya que por medio de la herramienta *apktojava* se realizó la ingeniería inversa de la aplicación pero venía con código basura, esto a causa de la herramienta ProGuard, la cual encoge, optimiza, y esconde código renombrando

clases, campos, métodos con nombres no reconocibles semánticamente; dejando como resultado un apk más pequeña en tamaño y difícil de entender (Developers, 2015).

Sin embargo se pueden percibir fragmentos de código en los cuales describe la funcionalidad de cómo es que trabaja en conjunto con el endoscopio y es entonces de aquí de donde se partiría para adecuar la aplicación a las necesidades del doctor. Las Figuras 8 y 9 muestran cómo es que la Dashcam inicia la cámara y la detiene. Las Figuras 10 y 11 muestran el código con el cual realiza las acciones de la captura de fotos y video.

```
int start_webcam(int paramInt1, String paramString1, int paramInt2, String paramString2)
{
    this.cam = new Webcam(paramString1, paramInt1, paramInt2, this.context);
    if (!this.cam.start())
        return -1;
    this.mirroring = new Matrix();
    if (Boolean.parseBoolean(this.pa.get("mirror_h")))
    {
        this.mirroring.postScale(-1.0F, 1.0F);
        this.mirroring.postTranslate(this.cam.getM_width(), 0.0F);
    }
    if (Boolean.parseBoolean(this.pa.get("mirror_v")))
    {
        this.mirroring.postScale(1.0F, -1.0F);
        this.mirroring.postTranslate(0.0F, this.cam.getM_height());
    }
    this.vr = new VideoRecorder(this.context, paramString2, this.cam.getM_width(), this.cam.getM_height());
    return 0;
}
```

Figura 8 – Método de la clase CameraView para encendido.

```
int stop_webcam()
{
    if (this.cam != null)
        this.cam.close();
    return 0;
}
```

Figura 9 – Método de la clase CameraView para apagado.

```
class picture_onclick
implements View.OnClickListener
{
    picture_onclick()
    {
    }

    public void onClick(View paramView)
    {
        //FlurryAgent.logEvent("take_picture_button");
        Date localDate = new Date();
        File localFile = new File(Environment.getExternalStoragePublicDirectory(Environment.DIRECTORY_DCIM) + File.separator + localDate.getTime() + ".jpg");
        localFile.mkdirs();
        String str = localFile.getAbsolutePath() + File.separator + String.valueOf(localDate.getTime()) + ".jpg";
        CameraViewMenu.this.cam.take_picture(CameraViewMenu.this.ctx, str);
    }
}
```

Figura 10 – Clase interna de CameraViewMenu para capturar fotos, donde en el método onClick de la clase va el código que indica el lugar donde se guardara la fotografía y viene la orden específica de take_picture para tomarla.

```

class video_onclick
implements View.OnClickListener
{
    video_onclick()
    {
    }

    public void onClick(View paramView)
    {
        //FlurryAgent.logEvent("record_video_button");
        if (!CameraViewMenu.this.vr.is_recording())
        {
            CameraViewMenu.this.vr.start_recording();
            Toast.makeText(CameraViewMenu.this.ctx, "Video Start", 0).show();
            paramView.setBackgroundColor(-65536);
            return;
        }
        CameraViewMenu.this.vr.stop_recording();
        Toast.makeText(CameraViewMenu.this.ctx, "Video Stop", 0).show();
        paramView.setBackgroundColor(-16711936);
    }
}

```

Figura 11 – Clase interna de CameraViewMenu para capturar videos, donde método onClick verifica si está grabando y en caso de que no inicializa con start_recording() y para detenerlo es el stop_recording().

5. Conclusiones y Recomendaciones

Como se mencionó anteriormente al realizar la ingeniería inversa de la aplicación Dashcam se obtuvo código realmente útil pero con muchos errores. Cabe destacar que Dashcam cuenta con 1,122 clases de java en las cuales la mayoría de ellas contienen más 100 líneas de código en promedio, es decir, más de 11,220 líneas aproximadamente que requieren ser analizadas para conocer en su totalidad el funcionamiento de la aplicación, añadiendo que existen alrededor de 6,559 errores que necesitan ser corregidos, pero aun así se trata de una solución funcional contribuyendo en diagnósticos, toma de decisiones y procesos quirúrgicos vitales para personas con problemas de la salud porque cuenta con las funcionalidades de visualización de imágenes transmitidas por el endoscopio, la captura de imágenes y la grabación de video.

Ahora que ya sabemos que la aplicación fue de gran utilidad para el doctor como se mostró en la bitácora de pruebas realizadas en quirófano (Tabla 3), es conveniente continuar con la investigación y tratar de concretar la idea para así obtener un producto compatible con más dispositivos móviles, sin la necesidad de que los celulares tengan root (acceso a muchas características del Sistema Operativo del celular que vienen bloqueadas desde fábrica), ayudando a la medicina y otras áreas donde pueda ser utilizada. Ya con la aplicación Dashcam funcionando y con la certeza de que cumple con las necesidades endoscópicas es necesario crear esa API externa inexistente a partir de la ingeniería inversa que permita controlar cámaras web y dar instrucciones de cómo hacerlo.

Una vez conseguido esto, otra modificación sería con el propósito de obtener una aplicación acorde a las necesidades del proceso endoscópico, es decir remover características que son innecesarias para la endoscopia como lo son: las distintas resoluciones que vienen y

dejar por defecto en 640x480 misma que utiliza el endoscopio, los anuncios publicitarios de la misma y los formatos de los videos e imágenes.

Lo conveniente sería dejar una aplicación libre de errores y publicidad, donde los formatos estén establecidos por defecto como jpg para imágenes y mp4, resolución por defecto de 640x480 y permitir visualizar las imágenes y videos capturados de manera inmediata sin necesidad de reiniciar el dispositivo.

Referencias

- Arango, J. E., Mazo, J. C., & Palacio, A. P. (2013). Sistema para Rehabilitación del Síndrome del Miembro Fantasma utilizando Interfaz Cerebro-Computador y Realidad Aumentada. *Revista Ibérica de Sistemas Y Tecnologías de La Información* n.11, 93–106. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.4304/risti.11.93-106>.
- Atreja, A., Rizk, M., & Gurland, B. (2010). A primer on endoscopic electronic medical records. *Clinics in Colon and Rectal Surgery*, 23(1), 5–9. <http://doi.org/10.1055/s-0030-1247850>.
- Christopher Peplin. (2011). openxc/android-webcam. Retrieved from <https://github.com/openxc/android-webcam>.
- Developers, A. (2015). ProGuard | Android Developers. Retrieved March 21, 2015, from <http://developer.android.com/tools/help/proguard.html>
- Endoscopes: Upper Gastrointestinal (GI), Gastroscopy, EG-2990i. (2014). Retrieved April 5, 2014, from <http://us.pentaxmedical.com/en/products/endoscopes/upper-gastrointestinales/gastrosopes/EG-2990i.aspx>.
- Freixo, J., & Rocha, Á. (2014). Information Architecture to Support Quality Management in Hospital Units. *Revista Ibérica de Sistemas Y Tecnologías de La Información* No.11, 1–15. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.17013/risti.14.1-15>.
- IAB Mexico, M. B. (2012). IAB México presenta el primer Estudio de Usos y Hábitos de Dispositivos Móviles en nuestro país | IAB MEXICO. Retrieved June 18, 2015, from http://www.iabmexico.com/usos_habitos_mobile.
- Mayo Clinic Staff. (2015). Upper endoscopy - Mayo Clinic. Retrieved September 3, 2015, from <http://www.mayoclinic.org/tests-procedures/endoscopy/basics/definition/prc-20020363?p=1>
- Olympus América de México S.A. de C.V. (2014). Retrieved April 5, 2014, from http://www.olympusmexico.com.mx/spanish/msg/msg_product_detail_esp.asp?d=1&s=4&c=16&g=2092
- Palés Castro Marisol, J. I. A. (2000). *Diccionario Medico Espasa*. (C. V. Rodríguez, Ed.) (2000th ed.). Navarra, España.
- Ventola, C. L. (2014). Mobile devices and apps for health care professionals: uses and benefits. *P & T : A Peer-Reviewed Journal for Formulary Management*, 39(5), 356–64. Retrieved from <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4029126&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>

Crítérios Editoriais

A RISTI (Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação) é um periódico científico, propriedade da AISTI (Associação Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação), que foca a investigação e a aplicação prática inovadora no domínio dos sistemas e tecnologias de informação.

O Conselho Editorial da RISTI incentiva potenciais autores a submeterem artigos originais e inovadores para avaliação pelo Conselho Científico.

A submissão de artigos para publicação na RISTI deve realizar-se de acordo com as chamadas de artigos e as instruções e normas disponibilizadas no sítio Web da revista (<http://www.aisti.eu/risti/>).

Todos os artigos submetidos são avaliados por um conjunto de membros do Conselho Científico, não inferior a três elementos.

Em cada número da revista são publicados entre cinco a oito dos melhores artigos submetidos.

Criterios Editoriales

La RISTI (Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información) es un periódico científico, propiedad de la AISTI (Asociación Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información), centrado en la investigación y en la aplicación práctica innovadora en el dominio de los sistemas y tecnologías de la información.

El Consejo Editorial de la RISTI incentiva autores potenciales a enviar sus artículos originales e innovadores para evaluación por el Consejo Científico.

Lo envío de artículos para publicación en la RISTI debe hacerse de conformidad con las llamadas de los artículos y las instrucciones y normas establecidas en el sitio Web de la revista (<http://www.aisti.eu/risti/>).

Todos los trabajos enviados son evaluados por un número de miembros del Consejo Científico de no menos de tres elementos.

En cada número de la revista se publican cinco a ocho de los mejores artículos enviados.

Os asociados da AISTI recebem a RISTI gratuitamente, por correio postal. Torne-se associado da AISTI. Preencha o formulário abaixo e envie-o para o e-mail aistic@gmail.com

Los asociados de la AISTI reciben la RISTI por correo, sin costo alguno. Hazte miembro de la AISTI. Rellena el siguiente formulario y remítelo al e-mail aistic@gmail.com



Formulário de Associado / Formulario de Asociado

Nome/Nombre: _____

Instituição/Institución: _____

Departamento: _____

Morada/Dirección: _____

Código Postal: _____ Localidade/Localidad: _____

País: _____

Telefone/Teléfono: _____

E-mail: _____ Web: _____

Tipo de Associado e valor da anuidade:

☐ Individual - 25€

☐ Instituição de Ensino ou I&D/Institución de Educación o I&D - 250€

☐ Outro (Empresa, etc.) - 500€

NIF/CIF: _____

Data/Fecha: __/__/____ Assinatura/Firma: _____



Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información

©AISTI 2016 <http://www.aisti.eu>

