



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 7 • M a r c h 1 7



©AISTI 2017 <http://www.aisti.eu>

Nº 21

Edição / Edición

Nº 21, 03/2017

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/>

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 Etxeberria-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: 10.17013/risti.21.ix–xii

Introducción

Los artículos presentados en este número fueron seleccionados de los artículos aceptados en el Quinto Congreso Internacional de Mejora de Procesos Software (CIMPS) 2016, realizado en la Ciudad de Aguascalientes, Aguascalientes, México del 12 al 14 de octubre del 2016. Este congreso ha tenido una tasa de aceptación del 30% de los artículos enviados.

En este número 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 2016.

Tendencias en Tecnologías de Información y Comunicación

El uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TICs) se han vuelto una estrategia competitiva que permite a las organizaciones posicionarse dentro de su mercado de actuación. Además, la evolución, avance y uso de las TICs dentro de cualquier tipo de organización ha creado nuevos dominios de interés:

Dentro del ciclo de desarrollo de software hay dos partes fundamentales que son las pruebas y estimación para el desarrollo de software:

- En las pruebas del software que son importantes en el ciclo de desarrollo han surgido modelos como TPI, TMMI, entre otros para ser abordadas. Un estándar

para tratar de estandarizar el proceso de pruebas es el estándar ISO/IEC 29119. La ISO/IEC/IEEE 29119 es el nuevo estándar internacional para guiar el proceso de pruebas de software (ISO/IEC, 2013) y está constituido actualmente por (ISO/IEC, 2013): 4 publicaciones (Conceptos y definiciones, Procesos, Documentación y Técnicas) y otras 3 en desarrollo (Pruebas dirigidas por palabras clave, Modelo de evaluación de procesos, y Revisión de productos de trabajo).

- La estimación es una métrica principal para el desarrollo y seguimiento del mismo proyecto. Un método que ha venido siendo utilizado son los puntos de caso de uso para la estimación de esfuerzo en el desarrollo de un proyecto de software. Este consiste en la estimación del tiempo de desarrollo mediante la asignación de “pesos” o valores que se puedan contabilizar en el tiempo total estimado para el desarrollo del proyecto de software en específico (Recalde & Lopez, 2010).

En el contexto de técnicas de gamificación han sido utilizadas más allá del dominio de juegos tradicionales, esto trae una gran oportunidad hacia otras áreas como lo es la Ingeniería del Software (IS). En términos generales, se refiere a la aplicación de elementos de juego en contexto que no son de juego mejorando la experiencia y compromiso de los participantes (Korn, Funk, & Schmidt, 2015). Es por ello, que en IS está aplicándose, ya que el desarrollo de software el trabajo es realizado en equipos.

Con respecto a la explotación de la información que generan las organizaciones para la toma de decisiones están siendo utilizadas la minera de procesos, el análisis de clúster y los sistemas de recuperación de información:

- La minera de procesos a través de un conjunto de datos conformado por un registro de eventos tiene como finalidad el descubrimiento de procesos (Van der Aalst, 2016). Por lo tanto, la minera de procesos puede ser utilizado para la exploración de los procesos históricos dentro de una organización para la implementación de mejoras.
- Otro aspecto importante en la minería, pero específicamente en datos es el análisis de clúster que tiene por objetivo identificar y descubrir datos de tal manera que elementos asignados a un mismo grupo sean similares entre sí, mientras que elementos pertenecientes a grupos distintos sean disímiles (Yue, 2016).
- Los sistemas de recuperación de información ofrecen mecanismos que permitan a las empresas adquirir, producir y transmitir, al menor costo, datos e información con los atributos de calidad, precisión y validez, que sean útiles para la toma de decisiones (Arévalo, 2007; Mejia et al., 2014). Los sistemas de recuperación de información tratan con texto, generalmente escrito en lenguaje natural, no bien estructurado y semánticamente ambiguo (Lara Navarra & Martínez Usero, 2006). En este contexto los sistemas expertos están siendo utilizados por las empresas para complementar el uso de información para la toma de decisiones y predecir preferencias y predicciones de comportamiento como en la minería o preferencia en consumidores (Yang et al., 2016; Shabankareh & Hezarkhani, 2016).

Finalmente, en relación al crecimiento y uso de internet en nuestros días, es muy común que los servicios electrónicos y aplicaciones web soliciten información a través de un registro web para solicitar información como dirección, edad, nombre, genero, entre otros datos principales. Por consecuencia, los usuarios comparten información sensible

al momento de enviar su información. El problema con este registro es que, los usuarios de Internet revelan información (Joinson, Buchanan, & Paine Schofield, 2010). Esta información puede ser utilizada para fines delictivos o comerciales.

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

Estructura

En el primer artículo se presenta un análisis exploratorio sobre la adopción de prácticas de pruebas de software de la ISO/IEC 29119-2. Para ello, los autores realizaron un análisis usando un estudio de caso múltiple de cuatro unidades de análisis, considerando dos tipos de organizaciones: Organizaciones que actuaron como fábricas de software en un esquema contractual y Organizaciones que formaron parte de un equipo de desarrollo de software.

El segundo artículo tiene como objetivo determinar los factores que afectan la precisión de la estimación del esfuerzo en proyectos de software, usando Puntos de Caso de Uso como método de estimación. Por lo que, analizan un total de 37 estudios primarios como resultado de una revisión de la literatura.

El tercer artículo presenta los resultados de una revisión sistemática, enfocada en el uso de gamificación para crear un equipo, reduciendo el tiempo de integración y por lo tanto mejorar su rendimiento.

El cuarto artículo muestra la aplicación y utilidad de la minería de procesos en la ingeniería de software, mostrando una serie de casos de estudio que ilustran aplicaciones sobre el proceso y el producto. El principal resultado de este artículo es que el uso de minería de procesos facilita la evaluación y auditoría de procesos de software.

El quinto artículo propone el diseño e implementación de un esquema de visualización para modelos de clústeres, en el contexto de un proceso de minería de datos. Por lo que, los autores proponen un esquema de visualización llamado VIMC, y se basa en cuatro características: visualización interactiva, combinación de técnicas de minería de datos, artefactos gráficos ad-hoc, y uso de métricas

En el sexto artículo los autores presentan una solución a la administración de documentos digitales de ADD Intelligence in Aviation. Para ello, se desarrolló el sistema Be Intelligent que utiliza un índice invertido para indexar y recuperar fácilmente los contenidos de documentos que satisfacen una consulta hecha en lenguaje natural.

El séptimo artículo describe un método para crear explicaciones basadas en las conclusiones parciales por las que transita un Sistema Experto, para concluir a cerca del comportamiento de un sistema dinámico complejo. Las entradas a este método por los autores son: el árbol de inferencia y el conocimiento del dominio representado mediante una Ontología.

Finalmente, en el octavo artículo se presenta la exposición de problemas de privacidad y seguridad existentes en el proceso de registro en sitios web como las redes sociales, describiendo los problemas que puede ocasionar la falta de seguridad y privacidad en estos sitios.

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 2016. Asimismo, expresamos nuestra gratitud a los autores de los trabajos publicados, lo cual hizo posible este número en RISTI. Damos la enhorabuena a todos aquellos autores cuyos artículos han sido publicados en este número de RISTI.

Referencias

- Arévalo, J. A. (2007). Gestión de la Información, Gestión de Contenidos y Conocimiento. In II Jornadas de Trabajo del Grupo SIOU (pp. 1–15). Universidad de Salamanca.
- ISO/IEC. (2013). ISO/IEC/IEEE 29119-1:2013 Software and systems engineering — Software testing — Part 1: Concepts and definitions. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- ISO/IEC. (2013). ISO/IEC/IEEE 29119-2:2013 Software and systems engineering -- Software testing -- Part 2: Test processes. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- Joinson, A. R.-d., Buchanan, T., & Paine Schofield, C. (2010). Privacy, Trust, and Self-Disclosure Online. *Human-Computer Interaction*, 1-24.
- Korn, O., Funk, M., & Schmidt, A. (2015). Towards a Gamification of Industrial Production. A Comparative Study in Sheltered Work Environments, (JUNE), 84–93.
- Lara Navarra, P., & Martínez Usero, J. A. (2006). Agentes Inteligentes en la Búsqueda y Recuperación de Información (Segunda Ed). Barcelona, España: Planeta-UOC, S. L.
- Mejia, J., Muñoz, M., & Rocha, Á. (2014). La Mejora de Procesos de Software a través de la Gestión de Procesos, el Outsourcing y la Adopción de Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación. RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação, E1, vii–xi.
- Recalde, O. M., & Lopez, A. M. (2010). Estimación Basada en Casos de Uso UCP–Use Case Points (Doctoral dissertation, Tesis de Maestría. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid).
- Shabankareh, M., & Hezarkhani, A. (2016). Copper potential mapping in Kerman copper bearing belt by using ANFIS method and the input evidential layer analysis. *Arabian Journal of Geosciences*, 9(5), 1–12
- Van der Aalst, W. M. (2016). *Process mining: data science in action*. Springer.
- Yang, Y., Fu, C., Chen, Y. W., Xu, D. L., & Yang, S. L. (2016). A belief rule based expert system for predicting consumer preference in new product development. *Knowledge-Based Systems*, 94, 105–113.
- Yue, W. (2016). Research on the Clustering Analysis Algorithm for Data Mining. RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação, E6, 209–221.

Índice / Index

EDITORIAL

Tendencias en Tecnologías de Información y Comunicación	ix
<i>Jezreel Mejía, Mirna Muñoz</i>	

ARTIGOS / ARTICULOS / ARTICLES

Análisis exploratorio en la adopción de prácticas de pruebas de software de la ISO/IEC 29119-2 en organizaciones de Lima, Perú.....	1
<i>Abraham Dávila, Cecilia García, Sandra Cóndor</i>	
Factores que Afectan la Precisión de la Estimación del Esfuerzo en Proyectos de Software Usando Puntos de Caso de Uso	18
<i>Luis Morales Huanca, Sussy Bayona Oré</i>	
Una Revisión Sistemática de la Literatura Enfocada en el uso de Gamificación en Equipos de Trabajo en la Ingeniería de Software.....	33
<i>Luis Hernández, Mirna Muñoz, Jezreel Mejía, Adriana Peña, Nora Rangel, Carlos Torres</i>	
Minería de procesos de software: una revisión de experiencias de aplicación	51
<i>Brian Keith Norambuena, Vianca Vega Zepeda</i>	
Esquema de Visualización para Modelos de Clústeres en Minería de Datos.....	67
<i>Wilson Castillo-Rojas, Fernando Medina-Quispe, Juan Vega-Damke</i>	
Recuperación de información a través del índice invertido en Be Intelligent	85
<i>Sodel Vázquez-Reyes, María de León-Sigg, Perla Velasco-Elizondo, Juan Villa- Cisneros, Sandra Briceño-Muro</i>	
Un método para generar explicaciones de resultados de un Sistema Experto, usando Patrones de discurso y Ontología	99
<i>Víctor Flores, Yahima Hadfeg</i>	
Después de presionar el botón enviar, se pierde el control sobre la información personal y la privacidad: un caso de estudio en México.....	115
<i>Francisco R. Cortes Martínez, Angel D. Herrera Candelaria, Manuel A. Ramírez Lozano, Alma R. Rodríguez Zúñiga, Rafael Martínez Peláez, Jorge R. Parra Michel</i>	

Análisis exploratorio en la adopción de prácticas de pruebas de software de la ISO/IEC 29119-2 en organizaciones de Lima, Perú

Abraham Dávila¹, Cecilia García², Sandra Cóndor³

{[abraham.davila](mailto:abraham.davila@pucp.edu.pe), [garcia.cecilia](mailto:garcia.cecilia@pucp.edu.pe)}@pucp.edu.pe, sandra.condor@unmsm.edu.pe

^{1,2} Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Lima 32, Perú

³ Escuela Profesional de Ingeniería de Software Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Lima 1, Perú

DOI: [10.17013/risti.21.1-17](https://doi.org/10.17013/risti.21.1-17)

Resumen: Se espera que la ISO/IEC 29119 tenga un impacto favorable en el dominio de las pruebas de software. Sin embargo, en pequeñas empresas en Lima, se ha observado que las pruebas son desordenadas, no logran una adecuada cobertura y el software presenta errores en su operación. En este estudio se hizo una investigación exploratoria en organizaciones que prueban software, para determinar factores de entorno que influyen en el grado de adopción de prácticas de pruebas de software. El análisis se realizó usando un estudio de caso múltiple de cuatro unidades de análisis, considerando dos tipos de organizaciones. Las organizaciones que actuaron como fábricas de software en un esquema contractual (exigente) presentaron un mayor nivel de adhesión a las prácticas del estándar que aquellas que actuaron como parte de un equipo de desarrollo de software. Además el factor Presión Externa es uno de influencia positivo para el primer grupo y de manera negativa para el segundo grupo.

Palabras-clave: pruebas de software, mejora de procesos, ISO/IEC/IEEE 29119, ISO/IEC 33063.

Exploratory analysis in adopted software testing practices of ISO/IEC 29119-2 in organizations in Lima, Peru

Abstract: It is expected for the ISO/IEC/IEEE 29119 to have a favorable impact on this software testing domain. However, in small businesses in Lima, these activities are performed in uncontrolled way, tests do not achieve adequate coverage and the software operates with errors. In this study an exploratory research was performed in organizations conducting software testing, the objective was to determine environment factors to affect the extent of adoption of software testing practices. The analysis was performed using a multiple case study analysis of four units, considering two types of organizations. Organizations that acted as software factories under a contractual scheme presented a higher level of adherence to standard practices than those who acted as part of a software development team. In addition, the External Pressure factor is one of positive influence for the first group and negatively for the second group.

Keywords: Enter up to five keywords, separated by semicolons.

1. Introducción

Las pruebas de software han evolucionado desde actividades realizadas por los propios equipos de desarrollo de software (Myers, 1979; Vasconcelos et al., 2017) hacia las que se ofrecen como servicios (Martin, Rooksby, Rouncefield, & Sommerville, 2007) e incluso bajo un esquema masivo (crowdsourced testing) (Yuan-Hsin & Tsenga, 2013).

Desde la perspectiva del proceso de pruebas, se ha desarrollado modelos como TPI (Visser, y otros, 2013), TMMI (TMMI Foundation, 2009), TestPAI (Sanz, Saldaña, Garcia, & Gaitero, 2008), MTP (Carvalho Cavalcanti Furtado, Wanderley Gomes, Carneiro Andrade, & Honório de Farias Junior, 2012) y alrededor de otros 20 modelos relacionados con las pruebas de software (García, Dávila, & Pessoa, 2014). En particular, la ISO/IEC 29119 (ISO/IEC, 2013) representa un esfuerzo internacional que busca marcar un norte para organizar este dominio. Sin embargo, según (Nayyar & M. Rizwan, 2013), algunos problemas críticos en las pruebas de software son: (i) los gestores las consideran difíciles, (ii) las actividades de desarrollo se extienden consumiendo el tiempo de pruebas, (iii) la planificación pobre de las pruebas, (iv) la falta de participación de usuarios y (v) la falta de soporte de la dirección; entre otros. En (Martin, Rooksby, Rouncefield, & Sommerville, 2007) y (Kaner, 2006) se reportan también problemas en el proceso de pruebas de software. Asimismo, durante el proyecto COMPETISOFT-Perú (Dávila, y otros, 2012), se observó que las prácticas de desarrollo de software, incluyendo las de pruebas de software, se realizan de manera inadecuada; por lo que las actividades de pruebas resultan desordenadas, no se logra una adecuada cobertura del producto y el producto final presenta errores en la operación.

Estudios sobre prácticas de pruebas han sido desarrollados para obtener información de la industria de software canadiense (Vahid & Junji, 2013) y sobre temas relacionados en (Martin, Rooksby, Rouncefield, & Sommerville, 2007) y (Causevic, Sundmark, & Punnekkat, 2010). Los resultados obtenidos refieren a prácticas genéricas o temas conexos sin analizar un modelo en particular. Asimismo, el trabajo de (Van Veenendaal & Bath) presenta los factores críticos de éxito en la mejora de proceso en pruebas de software.

En este artículo se presenta una investigación exploratoria sobre el grado de adopción de las prácticas de la ISO/IEC 29119 en organizaciones que realizan pruebas de software y la identificación de factores de entorno que influyen. La investigación está basada en un estudio de caso con múltiples unidades de análisis. En lo que sigue el artículo se organiza de la siguiente manera: en la Sección 2, se presentan los modelos considerados; en la Sección 3, muestra trabajos relacionados; en la Sección 4, se describe el protocolo de investigación del estudio de caso; en la Sección 5, se presentan los resultados obtenidos; y en la Sección 4, se presentan la discusión final y trabajo futuro.

2. Conocimiento base

En esta Sección se presenta los modelos considerados para este análisis como la ISO/IEC/IEEE 29119, la ISO/IEC 33063 y el de Hammed; así como con trabajos previos

relevantes. Se debe señalar que dentro del Proyecto ProCal-ProSer (Dávila, 2013) se optó por utilizar estándares internacionales.

2.1. ISO/IEC/IEEE 29119-2

La ISO/IEC/IEEE 29119 es el nuevo estándar internacional desarrollado por la ISO/IEC referido a las pruebas de software (ISO/IEC, 2013) y está constituido a la fecha por (ISO/IEC, 2013): 4 publicaciones (Conceptos y definiciones, Procesos, Documentación y Técnicas) y otras 3 en desarrollo (Pruebas dirigidas por palabras clave, Modelo de evaluación de procesos, y Revisión de productos de trabajo). La Parte 2 presenta un modelo de proceso de referencia (PRM del inglés Process Reference Model) para pruebas de software; que es evaluado utilizando la ISO/IEC 33063 (ISO/IEC, 2015) que presenta el respectivo modelo de evaluación de proceso (PAM del inglés Process Assessment Model). Asimismo, la Parte 2 (ISO/IEC, 2013) presenta ocho procesos organizados en tres categorías (capas), que cubren los tres niveles organizacionales usuales (alta dirección, dirección intermedia y la operación) tal como se aprecia en la Figura 1; y para cada proceso del PRM presenta al menos su identificador, nombre, propósito y resultados del proceso. En la ISO/IEC 33063 se presenta además las prácticas base asociadas a cada resultado de proceso y las entradas y salidas de cada proceso; entre otros elementos.

2.2. ISO/IEC 15504 e ISO/IEC 33063

La serie de normas internacionales ISO/IEC 15504 es un referente para la evaluación de procesos de software (ISO/IEC, 2003). En la actualidad este estándar presenta tres partes (ISO, 2016) y existe un nuevo proyecto de serie de normas bajo el patrón de identificadores ISO/IEC 330xx donde se redefine algunos paradigmas de la serie ISO/IEC 15504 (ISO/IEC, 2015). En lo que sigue se explican algunos aspectos de la ISO/IEC15504 y se hará referencia, en caso amerite, a la norma respectiva de la familia ISO/IEC 330xx; pues la migración sigue en proceso.

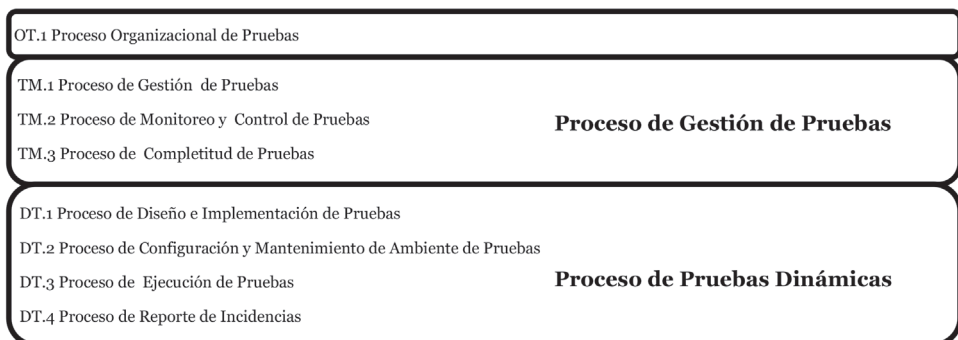


Figura 1 – ISO/IEC/IEEE 29119-2 Procesos de pruebas, adaptado de (ISO/IEC, 2013)

La ISO/IEC 15504-2 (ISO/IEC, 2003) establece un proceso de evaluación que permite el uso de un PAM para evaluar un PRM y establece un conjunto de requisitos que se tienen que cumplir tanto para el PAM como para el PRM. Estos requisitos han sido

incorporados y ajustados en la ISO/IEC 33002 (ISO/IEC, 2015), pero ello no afecta el trabajo que hemos realizado. El proceso de la ISO/IEC 15504 para la evaluación y los requisitos establecidos contribuyen a un evaluación objetiva, repetible y fiable, tal como se señala en (Simon, Emam, Rousseau, Jacquet, & Babey, 1997).

El proceso de evaluación permite (ISO/IEC, 2003): (i) determinar la capacidad del proceso; (ii) calificar atributos de proceso (AP) que contribuyen con lo indicado en (i); y (iii) usar una escala de calificación de AP basada en el logro del propósito del proceso y cuya escala es: N (no logrado), P (parcialmente logrado), L (del inglés largely o ampliamente logrado) y F (del inglés fully o totalmente logrado). Un AP es una característica medible de la capacidad de un proceso (ISO/IEC, 2004), y en particular hemos considerado el AP.1.1 que refiere al atributo proceso realizado, el cual es evaluado a través de indicadores de nivel 1 como: entradas, salidas y prácticas base. Los indicadores específicos para evaluar la ISO/IEC/IEEE 29119 están contenidos en la ISO/IEC 33063 (que es el PAM correspondiente).

2.3. Factores en mejora de procesos

Se han realizado diversos trabajos sobre factores y modelos de factores entre los cuales se puede mencionar: (i) un estudio sobre motivaciones del equipo de proyectos y la mejora de procesos (Baddoo & Hall, 2002); (ii) un estudio basado en un modelo de madurez para determinar el impacto de factores críticos de éxito en la mejora de procesos (Rainer & Hall, 2002); (iii) un marco de trabajo de factores situacionales propuesto en el desarrollo de software (Clarke & O'Connor, 2012); (iv) un marco de trabajo propuesto de factores de éxito de la mejora de procesos en empresas Web pequeñas y medianas (Sulayman, Mendes, Urquhart, Riaz, & Tempero, 2014); (v) un estudio de factores críticos de éxito sobre 34 implementadores de mejora de procesos (Niazi, Wilson, & Zowghi, 2006); una encuesta que analiza los factores organizacionales sobre 120 organizaciones (Dyba, 2005); y el trabajo de (Van Veenendaal & Bath) que presenta los factores críticos de éxito en la mejora de proceso en pruebas de software cuando se busca introducir un modelo en concreto a una organización.

Para el caso del Proyecto ProCal-ProSer se ha trabajado (Dávila & Pessoa, 2015) con el modelo de factores de Hammed (Hameed, Counsell, & Swift, 2012) y que presenta a los factores organizados por categoría y estos a su vez aplicados en distintos momentos de la adopción, como se presenta en la Figura 2.

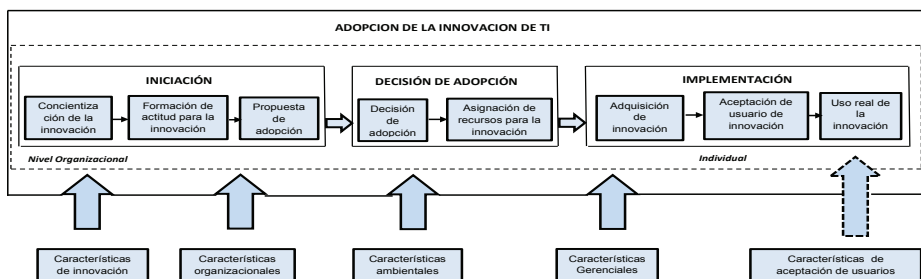


Figura 2 – Modelo propuesto por Hammed (Hameed, Counsell, & Swift, 2012)

2.4. Trabajos relacionados

En la industria de software se han desarrollado algunos trabajos relacionados a nuestra investigación. En particular se puede mencionar: (i) el artículo de (Vahid & Junji, 2013), presenta una encuesta que busca caracterizar las prácticas de pruebas de software en Canadá basada en las respuestas de 246 profesionales, siendo los principales hallazgos sobre las empresas: (i) el entrenamiento relacionado a las pruebas de software está en crecimiento; (ii) predomina el estilo tradicional de hacer las pruebas después del desarrollo y pocas usan enfoques más actuales; (iii) en la mayoría el número de desarrolladores es mucho mayor al de los probadores de software, con ratios que oscilan desde 1:2 hasta 1:5; (iv) se gasta hasta el 40% del presupuesto del proyecto en realizar pruebas de software, entre otros. Y (ii) el artículo de (Causevic, Sundmark, & Punnekkat, 2010) presenta una encuesta enfocada en percepciones de 83 profesionales de la industria europea sobre el proceso de pruebas de software. Los encuestados son categorizados en relación a aspectos contemporáneos de la disciplina de ingeniería de software: criticidad y seguridad de los productos software, agilidad del proceso de desarrollo de software, distribución del desarrollo, dominio de las aplicaciones y la cantidad de pruebas realizada por el encuestado. Los hallazgos de este trabajo revelan discrepancias entre las prácticas actuales de pruebas de software y las que son percibidas como buenas prácticas. De su análisis cuantitativo, el uso del enfoque TDD es donde se halló la mayor diferencia entre la práctica actual y la práctica deseada por los encuestados.

3. Protocolo de investigación

La investigación exploratoria se orienta a identificar las diferencias que existen en la adopción de prácticas entre organizaciones que están obligadas por contexto (de manera contractual) a ser más formales y otras que se dan como parte de un equipo de desarrollo de software, por lo que el protocolo de investigación utilizado es el de Estudio de Caso. Para nuestro trabajo se usó el esquema presentado por Runeson y Höst (Runeson & Höst, 2009) y Genero et al. (Genero Bocco, Cruz-Lemus, & Piattini Velthuis, 2014); así como las directrices internas del Proyecto ProCal-ProSer (Dávila, 2013). El protocolo seguido se muestran en la Tabla 1, donde P es Planificación, E es Ejecución y R es Reporte.

Fase	Etapas
P1: Diseñar el estudio de caso	(P1-1) Objetivo del estudio
	(P1-2) Qué se estudia
	(P1-3) Teoría requerida
	(P1-4) Preguntas de investigación
	(P1-5) Métodos de recolección
	(P1-6) Selección de datos
P2: Preparar la recolección de los datos	(P2-1) Definición de cómo se realiza la recolección
E1: Recolectar la evidencia	(E1-1) Recolección de los datos
E2: Analizar	(E2-1) Análisis de los datos
	(E2-2) Interpretación de los datos
R1: Reportar	(R1-1) Realización del informe

Tabla 1 – Fases y etapas del estudio de caso en ProCal-ProSer (Dávila & Pessoa, 2015)

A continuación se presenta la descripción de las etapas de planificación:

- Etapa P1-2, se estudia cuatro organizaciones (unidades de análisis) que realizan pruebas de software y que se pueden agrupar en dos tipos de organizaciones: una como unidad de negocios independiente del equipo de desarrollo (Tipo A TA) y otra como parte del equipo de desarrollo de software (TipoB TB). Las empresas participantes fueron las que respondieron a una invitación realizada a través del proyecto ProCal-ProSer (Dávila, 2013) y a empresas de la Asociación de Productores de Software (APESOPT), que se describen en la Sección 5.1.
- Etapa P1-3, la teoría requerida, que se presenta en Secciones 1 y 2.
- Etapa P1-4, la pregunta de investigación de este estudio es ¿qué prácticas de la ISO/IEC 29119-2 (descritas como prácticas base en la ISO/IEC 33063) pueden considerarse como adoptadas en cada tipo de organización estudiada y qué factores de entorno influyeron?
- Etapa P1-5, los métodos de recolección establecido son de dos tipos: (i) datos obtenidos mediante un proceso formal y riguroso de evaluación de procesos, basado en un único proyecto representativo en cada organización, utilizando la ISO/IEC 15504-2 y la ISO/IEC 33063; y (ii) una revisión de los resultados obtenidos con miembros del Proyecto ProCal-ProSer considerando las características de cada unidad de análisis, los tipos de proyectos y el tamaño de las organizaciones. Para lo indicado en (i) se puede considerar la recolección como de primer grado según lo señala Genero et al. (Genero Bocco, Cruz-Lemus, & Piattini Velthuis, 2014), pues los investigadores estuvimos involucrados de manera directa y en tiempo real en la recogida de datos; y para lo indicado en (ii) se establecieron discusiones con otros miembros del Proyecto y el equipo evaluador, que según Genero et al. (Genero Bocco, Cruz-Lemus, & Piattini Velthuis, 2014) pueden ser consideradas como del tipo “No estructurada”.
- Etapa P1-6, la selección de datos se realizó considerando la fuente: (i) para el primer caso, un informe que presenta el perfil de proceso y además se obtiene la calificación de las prácticas base de todos los procesos del modelo que denominaremos un perfil de prácticas adoptadas, calificadas con N, P, L o F según lo indicado en la Sección 2.2; (ii) para el segundo caso, se analizó si se justificaba o no alguna variación al perfil de prácticas adoptadas tomando en cuenta las características de cada unidad de análisis. Se debe señalar que el perfil de prácticas adoptadas se obtuvo en la evaluación con la ISO/IEC 15504 a pesar de no ser un resultado formal de este proceso. La elaboración de este perfil se incluyó para contar con una herramienta de análisis dentro del Proyecto ProCal-ProSer.
- Etapa P2-1, la definición de cómo se realiza la recolección está asociada a lo definido en P1-5 y P1-6, siendo para: (i) el primer caso un proceso formal y riguroso (como se indicó), realizada por evaluadores calificados, siguiendo el protocolo establecido en la ISO/IEC 15504-2 (ISO/IEC, 2003), que incluyó la planificación de las reuniones con las personas encargadas de los procesos, la revisión de evidencias proporcionadas, la calificación de los procesos y la elaboración del informe de evaluación; así como la verificación de la conformidad del proceso seguido; (ii) el segundo caso, mediante un proceso de discusión con miembros del Proyecto sobre los resultados obtenidos. Estas dos acciones fueron consecutivas.

4. Resultados obtenidos

Para realizar el análisis se trabajó con cuatro empresas (o unidades de análisis) que se describen a continuación para poder contextualizar algunos hallazgos. Asimismo, se presentan los resultados individuales y agrupados de las evaluaciones realizadas, el análisis de los mismos y su interpretación.

4.1. Instancias de estudio

Las empresas participantes, como se indicó en la Sección 4, etapa P1-2, son cuatro organizaciones agrupadas en dos tipos de organizaciones. Un primer grupo (Tipo A o TA) son dos unidades de análisis corresponden a empresas que tienen al grupo de pruebas dedicado de manera exclusiva a un proyecto de un cliente en sus instalaciones siendo el resultado relevante el reporte de prueba. Un segundo grupo (Tipo B o TB) son dos unidades de análisis que corresponden a grupos de prueba que son parte de un proyecto mayor siendo el resultado relevante el software. A continuación se presentan las organizaciones participantes usando un alias para cumplir con los acuerdos de confidencialidad.

- Caso Rho (R): Se trata de una unidad de negocios de una empresa transnacional desarrolladora de software y de tecnologías de información. La Unidad ha sido contratada como una fábrica de pruebas software, mediante un proceso de licitación con el Estado. La entidad del gobierno tiene como responsabilidad el manejo de información y dinero de trabajadores del país por lo que requiere formalidad del proveedor del servicio de pruebas establecidas en el contrato.
- Caso Phi (P): Se trata de una unidad de negocios de una empresa mediana especializada en pruebas de software. La Unidad ha sido contratada como una fábrica de pruebas software, mediante un proceso privado. La empresa contratante es una del sector financiero y requiere formalidad de parte del proveedor del servicio de pruebas establecidas en el contrato.
- Caso Xi (X): Se trata de un departamento de pruebas de software de una empresa mediana que desarrolla software y ofrece servicios de pruebas. La empresa ha sido contratada para el desarrollo de un software para el sector de cosméticos y tiene en su equipo de proyecto a un grupo de profesionales de pruebas (de su propio departamento). La empresa contratante es una del sector de cosméticos y presenta exigencias a nivel del software en general y nada en específico para el equipo de pruebas.
- Caso Mi (M): Se trata de un departamento de pruebas de software de una empresa pequeña que desarrolla software. La empresa ha sido contratada para el desarrollo de un software para la gestión de eventos y tiene en su equipo de proyecto a un grupo de profesionales de pruebas (de su propio departamento). La empresa contratante es una del sector servicios y presenta exigencias a nivel del software en general y nada en específico para el equipo de pruebas. Esta empresa presenta las características descritas en (Muñoz, Gasca, & Valtierra, 2014).

4.2. (E1-1) Recolección los datos

Los datos recopilados de las evaluaciones de proceso se presentan en la Tabla 2, consolidando los resultados de las calificaciones de las prácticas base del modelo ISO/

IEC 29119-Parte 2 (ISO/IEC, 2013). Se trata de un total de 34 prácticas base distribuidos en 8 procesos definidos (ISO/IEC, 2015) y se usó las calificaciones N, P, L, F, basadas en la ISO/IEC 15504-2. De manera correspondiente se aprecia en la Figura 2 los resultados de las evaluaciones de las cuatro organizaciones. Las prácticas base mostradas en la Figura 2 y Tabla 2 corresponden a las descritas en la ISO/IEC 33063, y están precedidas por un identificador compuesto por el identificador de proceso (ver Figura 1), las letras BP (del inglés best practice) y un correlativo.

4.3.(E2-1) Análisis de los datos

Para determinar el grado de adopción de las prácticas se procedió a consolidar los resultados del proceso de evaluación para cada tipo (TA y TB) de modo que se puedan comparar y a partir de ello establecer interrogantes de investigación a futuro, análogo a lo presentado en (Baños, Melendez, & Dávila, 2016). Se ha considerado que las calificaciones N, P, L y F son consecutivas y las hemos hecho corresponder con 1, 2, 3 y 4 para determinados análisis más adelante. El criterio seguido para la consolidación de las calificaciones de cada par de organizaciones (unidades de análisis) se basa en un conjunto de reglas mínimas que toman en cuenta la realidad de las empresas en Lima y que se presentan a continuación:

- Si las calificaciones de ambas son idénticas entonces se da la misma calificación. En nuestro caso: N y N da N (representado por NN→N), PP →P, LL→L, FF→F.
- Si la calificación de ambas difieren en una unidad se le asigna el de menor valor. En nuestro caso: NP o PN →N, PL o LP → P, y LF o FL → L.
- Si no encaja en ninguna de las anteriores se le asigna indeterminado (I). En nuestro caso son: LN o NL → I, FN o NF → I, FP o PF → I

La consolidación de los datos se puede apreciar en el Apéndice A, donde las columnas R o P, son las calificaciones de las empresas del tipo TA (unidades de negocio como fábrica de pruebas) y cuya consolidación está en la columna R.P (Rho-Phi) con un comentario de la calificación obtenida. De manera correspondiente en el Apéndice B, se tiene para Xi o Mi, consolidado X.M (Xi-Mi) y comentario adicional en cada caso.

En el caso de los factores de entorno considerados en el análisis a partir del modelo utilizado se tiene en la Tabla 3 aquellos que se considera que sí influyeron. Se omite aquellos que no aplicaban a los casos analizados como: E03 Apoyo del gobierno, E04 Soporte del vendedor, E05 Soporte de los socios, E06 Disposición de socios, E08 Vinculación vertical, E09 Defensa de los socios, E11 Número de competidores, E14 Confianza en los socios, E15 Globalización y E16 Influencia social. En la Tabla 3 se califica para cada factor con alta (A), media (M) o baja (B) influencia y positiva (+) o negativa (-) según sea el caso.

4.4.(E2-2) Interpretación de los datos

En la Tabla 4 se presentan los conteos y porcentajes respectivamente de las calificaciones de las evaluaciones de las organizaciones de manera individual y agrupada. Estos conteos se obtienen de las tablas de los apéndices A y B. En base a los datos de la Tabla 4, se puede apreciar que Rho y Phi, que han sido agrupadas en TA, Fábrica de Software, tienen un mayor

Código	Práctica Base	R	P	X	M
OT.1.BP1	Desarrollar la especificación de prueba organizacional.	L	L	L	N
OT.1.BP2	Monitorear y controlar el uso de la especific.-de prueba organizacional.	P	P	N	P
OT.1.BP3	Actualización de la especificación de prueba organizacional.	P	P	N	N
TM.1.BP1	Contexto entendido.	L	L	L	N
TM.1.BP2	Organizar el desarrollo del plan de pruebas.	L	L	P	P
TM.1.BP3	Identificar y analizar los riesgos.	P	L	P	N
TM.1.BP4	Identificar los enfoques de mitigación de riesgo.	P	L	N	N
TM.1.BP5	Diseñar la estrategia de pruebas.	L	L	P	P
TM.1.BP6	Estimar los recursos de prueba.	L	L	P	N
TM.1.BP7	Determinar la dotación de personal y la programación.	P	L	P	N
TM.1.BP8	Registrar el plan de pruebas.	P	F	P	N
TM.1.BP9	Conseguir consenso en el plan de pruebas.	L	F	N	N
TM.1.BP10	Comunicar el plan de pruebas y hacerla disponible.	F	F	P	N
TM.2.BP1	Configurar.	L	L	N	N
TM.2.BP2	Monitorear.	F	F	P	P
TM.2.BP3	Controlar.	L	L	P	N
TM.2.BP4	Reportar.	L	F	P	N
TM.3.BP1	Archivar los activos de pruebas.	L	F	F	P
TM.3.BP2	Limpiar el ambiente de pruebas.	L	F	F	P
TM.3.BP3	Identificar las lecciones aprendidas.	F	F	P	P
TM.3.BP4	Reportar la finalización de pr	F	F	P	N
DT.1.BP1	Identificar los conjuntos de características.	L	L	L	N
DT.1.BP2	Derivar las condiciones de pruebas.	L	F	P	N
DT.1.BP3	Derivar los ítems de cobertura de pruebas.	P	F	P	N
DT.1.BP4	Derivar los casos de pruebas.	P	L	P	P
DT.1.BP5	Reunir los equipos de pruebas.	L	L	L	N
DT.1.BP6	Derivar los procedimientos de prueba.	P	F	P	N
DT.2.BP1	Plan para reunir requisitos, diseño e implem. del ambiente de pruebas.	L	F	L	P
DT.2.BP2	Mantener el entorno de pruebas.	L	F	L	L
DT.3.BP1	Ejecutar el(los) procedimiento(s) de prueba.	F	F	L	P

Tabla 2 – Resultados de la evaluación de las prácticas base de la ISO/IEC/IEEE 29119-2

E	Factores	R	P	X	M	Observación
E01	Presión competitiva	M+	M+	A+	B+	El contexto de Rho y Phi son proyectos con contratos más detallados con obligaciones sobre las pruebas de software, incluidos los técnicos y de gestión. Para el caso de Xi y Mi la presión era para el proyecto pero no enfocado en las pruebas; sin embargo Xi estaba interesado en hacer mejor las cosas.
E02	Presión externa	A+	A+	M-	M-	Los documentos relacionados a pruebas en Rho y Phi eran requeridos contractualmente y ello les obligaba a mantenerlos actualizados. Para el caso de Xi y Mi la presión era interna pero con mayor enfoque en el desarrollo que en las pruebas.
E07	Incertidumbre del entorno	B+	B+	M-	A-	El entorno para Rho y Phi eran más estables con contratos específicos para pruebas de software. En el caso de Xi y Mi, para el equipo de pruebas, existe dependencia respecto del equipo de desarrollo y de las demoras que ellos tengan.
E10	Presión del gobierno	B+	B+	--	--	El marco regulatorio introduce formalidades que se incluyen en contratos para los casos de Rho y Phi, pero no para el resto.
E12	Eficacia de consultoría	M+	M+	B+	-	Los resultados parciales favorables contribuyen a que se sigan usando ciertas prácticas.
E13	Experiencia externa	M+	M+	B+	-	Las empresas contratantes de Rho y Phi tienen un mayor conocimiento de las actividades de pruebas de software.

Tabla 3 – Factores de entorno evaluados para cada empresa

nivel de adhesión a las prácticas de la ISO/IEC/IEEE 29119-2, pues ambas están bajo un contrato con dedicación exclusiva y reglas exigentes sobre resultados del proceso de pruebas. De otro lado, para el TB, se puede observar que Xi y Mi (ver Tabla 4) tienen un menor grado de adhesión pues sus equipos de trabajo de pruebas son en realidad parte de un equipo mayor preocupado en el desarrollo de un software. Indagando más para el TA se confirmó que los jefes de proyecto le prestan menos atención del tema de pruebas de software.

Además, tomándonos una licencia, sobre el uso de las calificaciones como valores numéricos, se calculó que la adhesión promedio para Rho= 3.2, Phi= 3.3, Xi= 2.5, Mi= 1.5; y para los pares Rho-Phi = 3.3 y para Xi-Mi = 2.0; lo que confirma de manera preliminar es que las organizaciones del TA presentan un mejor nivel de adhesión que las del TB.

A nivel de proceso organizacional (OT1), ver Figura 1 (para ver el nombre del proceso), se puede señalar que las prácticas del proceso son poco consideradas en las organizaciones. En el caso de OT1.BP1 existen razones externas (el contrato en Rho y Phi) que influyen en una calificación de L; y de manera excepcional en Xi que es una empresa que busca crecer en este mercado.

A nivel de los procesos de gestión de pruebas (TM.1, TM.2, TM.3), se hace notoria la diferencia entre ambos Tipos de Organizaciones. Para el caso de Rho-Phi es superior en casi todas las características a Xi-Mi. La excepción es en la práctica TM.1.BP1, para el caso de Xi; situación que se justifica en alguna medida pues Xi es una mediana empresa y está en crecimiento.

En los procesos de pruebas dinámicas (DT.1, DT.2, DT.3, DT4) las cuales son más a nivel operativo, se nota que hay en los cuatro casos una mejor calificación de sus procesos.

	Tipo TA						Tipo TB					
	Rho-Phi		Rho		Phi		Xi-Mi		Xi		Mi	
F	6	18%	6	18%	19	56%	0	0%	3	9%	0	0%
L	18	53%	18	53%	13	38%	1	3%	9	26%	1	3%
P	6	18%	10	29%	2	6%	9	38%	17	50%	13	38%
N	0	0%	0	0%	0	0%	17	59%	5	15%	20	59%
I	4	12%	0	0%	0	0%	7	0%	0	0%	0	0%

Tabla 4 – Conteo de resultados por unidad de análisis y agrupados del tipo TA y TB

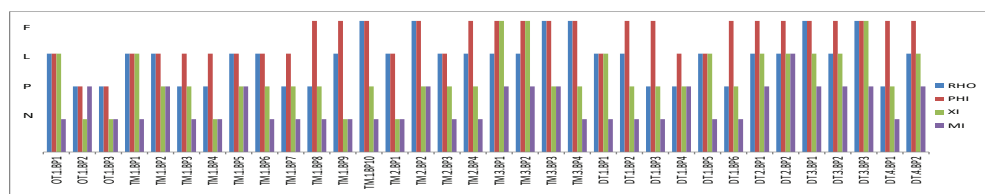


Figura 3 – Perfil de procesos comparado de las organizaciones evaluadas

De la Tabla 3 se puede apreciar que la Presión Externa (EO2) es uno de los que más influye para las empresas del tipo TA (Rho y Phi) y tiene sentido pues existe un contrato que le da un marco de trabajo específico para pruebas de software. Para el caso de las empresas del tipo TB (Xi y Mi) es negativo para el grupo de pruebas pues dicha presión se traslada al equipo de desarrollo y éstos al incumplir con el proyecto terminan por sacrificar las actividades del equipo de pruebas. Además en el caso de Xi y Mi existen diferencias, pues Xi sí ha tenido un interés en hacer mejor las cosas y por ello hay pocas coincidencias en los factores influyentes.

5. Discusión final y trabajo futuro

Las observaciones iniciales, en proyectos anteriores, permitió plantear esta investigación exploratoria con la percepción inicial que las organizaciones tendrían muy baja adhesión a las prácticas de la ISO/IEC/IEEE 29119-2 y que las unidades que actuaban como fábricas de software tendrían un mejor desempeño. Durante este estudio exploratorio se comprueba, de manera preliminar, que los dos tipos de organización (TA y TB) tienen distinto nivel de adopción de las prácticas del estándar y que existen variaciones menores en cada caso.

Un aspecto influyente para los del TA es que los contratos configuran un escenario que fuerza al cumplimiento de ciertas prácticas y que al usar herramientas de gestión, se logra un buen nivel adopción; esto tiene sentido con el impacto positivo del factor Presión Externa. Sin embargo, también se detectó que las organizaciones cumplen lo mínimo establecido en dichos contratos y no aprovechan los beneficios de algunas prácticas de la ISO/IEC 29119-2 que pueden contribuir a su calidad y productividad como equipos de pruebas de software.

Un aspecto que influye de manera negativa en los casos del TB es que ser parte de un proyecto mayor, los subordina a la buena predisposición que pueda tener el Jefe de Proyecto y los desarrolladores con respecto al equipo de pruebas, siendo recurrente que si hay demoras en desarrollo, se sacrifique el tiempo del equipo de pruebas. Esto también se condice con el hecho que el factor Presión Externa llega como algo negativo para el equipo de pruebas.

Como trabajo futuro se propone realizar un estudio de caso con múltiples organizaciones y usando otros factores que permita identificar cuáles de ellos han contribuido de manera favorable y cuáles han representado una barrera para la adopción de las prácticas de la norma ISO/IEC 29119-2.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado dentro del proyecto ProCal-ProSer financiado por Innóvate Perú bajo el Contrato 210-FINCYT-IA-2013 y parcialmente soportado por el Departamento de Ingeniería y el Grupo de Investigación y Desarrollo de Ingeniería de Software (GIDIS) de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Referencias

- Baddoo, N., & Hall, T. (2002). Motivators of Software Process Improvement: an analysis of practitioners' view. *Journal of Systems and Software*, 62(2), 85–96.
- Baños, G., Melendez, K., & Dávila, A. (12 de 2016). Prácticas adoptadas de la ISO/IEC 20000 en pequeñas organizaciones desarrolladoras de software que ofrecen mesa de servicios. Un estudio de caso. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, 20(12), 1–17.
- Carvalho Cavalcanti Furtado, A., Wanderley Gomes, M., Carneiro Andrade, E., & Honório de Farias Junior, I. (2012). MPT.BR: A Brazilian Maturity Model for Testing. *12th International Conference on Quality Software*. Xi'an, Shaanxi: IEEE.
- Causevic, A., Sundmark, D., & Punnekkat, S. (2010). An Industrial Survey on Contemporary Aspects of Software Testing. *2010 Third International Conference on Software Testing, Verification and Validation* (págs. 393 - 401). Paris: IEEE.
- Clarke, P., & O'Connor, R. (2012). The situational factors that affect the software development process: Towards a comprehensive reference framework. *Information and Software Technology*, 54(5), 433–447.
- Dávila, A. (01 de Diciembre de 2013). *Presentación. ProCal-ProSer*. Recuperado el 14 de Marzo de 2015, de sitio web de ProCal-ProSer: <https://sites.google.com/a/pucp.pe/procal-proser/>
- Dávila, A., & Pessoa, M. (2015). Aplicación de 29110 en micro empresa. *CLEI—Simposion* (págs. 1-33). Aqp: SPC.
- Dávila, A., & Pessoa, M. (2015). Factors driving the adoption of ISO/IEC 29110: A case study of a small software enterprise. *Latin American Computing Conference (CLEI)* (págs. 1 - 8). Arequipa, Peru: IEEE.
- Dávila, A., Barsuto, C., Flores, L., Manrique, R., Arisaca, R., Sanchez, J., y otros. (2012). The peruvian component of Competisof project: Lesson learned from academic perspective. En IEEE (Ed.), *2012 XXXVIII Conferencia Latinoamericana En Informatica (CLEI)* (págs. 1 - 7). Medellín, Colombia: IEEE Conference.

- Dyba, T. (2005). An empirical investigation of the key factors for success in software process improvement. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 31(5), 410–424.
- García, C., Dávila, A., & Pessoa, M. (2014). Test Process Models: Systematic Literature Review. *Communications in Computer and Information Science*. 477, págs. 84–93. Vilnius, Lithuania: Springer.
- Genero Bocco, M. F., Cruz-Lemus, J. A., & Piattini Velthuis, M. G. (2014). *Métodos de Investigación en Ingeniería de Software* (Primera ed.). Madrid, España: RA-MA.
- Hameed, M., Counsell, S., & Swift, S. (2012). A conceptual model for the process of IT innovation adoption in organizations. *Journal of Engineering and Technology Management*, 29(358–390).
- ISO. (2016). *ISO Web Site*. Recuperado el 10 de 06 de 2016, de <http://www.iso.org/iso/home.html>
- ISO/IEC. (2003). *ISO/IEC 15504-2:2003 Information technology – Process assessment – Part 2: Performing an assessment*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- ISO/IEC. (2004). *ISO/IEC 15504-1:2004 Information technology Process assessment Part 1: Concepts and vocabulary*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- ISO/IEC. (2013). *ISO/IEC/IEEE 29119-1:2013 Software and systems engineering – Software testing – Part 1: Concepts and definitions*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- ISO/IEC. (2013). *ISO/IEC/IEEE 29119-2:2013 Software and systems engineering – Software testing -- Part 2: Test processes*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- ISO/IEC. (2015). *ISO/IEC 33002:2015 Information technology – Process assessment – Requirements for performing process assessment*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- ISO/IEC. (2015). *ISO/IEC FDIS 33063 Information technology – Process assessment – Process assessment model for software testing*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- Kaner, C. (2006). *Inefficiency and Ineffectiveness of Software Testing: A Key Problem in Software Engineering*. Washington DC: National Defense Industrial Association Workshop: Top 5 Software Engineering Problems or Issues Prevalent Within the Defense Industry.
- Martin, D., Rooksby, J., Rouncefield, M., & Sommerville, I. (2007). ‘Good’ Organisational Reasons for ‘Bad’ Software Testing: An Ethnographic Study of Testing in a Small Software Company. *ICSE ‘07 Proceedings of the 29th international conference on Software Engineering* (págs. Pages 602-611). Washington, DC, USA: IEEE Computer Society.

- Muñoz, M., Gasca, G., & Valtierra, C. (2014). Caracterizando las Necesidades de las Pymes para. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, E1(03), 1–15.
- Myers, G. J. (1979). *Art of Software Testing*. New York, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Nayyar, I., & M. Rizwan, J. Q. (2013). Improvement of Key Problems of Software Testing In Quality Assurance. *International Journal of Engineering Development and Research (IJEDR)*.
- Niazi, M., Wilson, D., & Zowghi, D. (2006). Critical success factors for software process improvement implementation: an empirical study. *Software Process: Improvement and Practice*, 11(2), 193–211.
- Rainer, A., & Hall, T. (May de 2002). Key success factors for implementing software process improvement: a maturity-based analysis. *Journal of Systems and Software*, 62(2), 71–84.
- Runeson, P., & Höst, M. (2009). Guidelines for conducting and reporting case study research in software engineering. *Empirical Software Engineering*, 14(2), 131–164.
- Sanz, A., Saldaña, J., Garcia, J., & Gaitero, D. (Diciembre de 2008). TestPAI Un área de proceso de pruebas integrada con CMMI. *Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software REICIS, Volumen 4*(No 4).
- Simon, J.-M., Emam, K. E., Rousseau, S., Jacquet, E., & Babey, F. (1997). The Reliability of ISO/IEC PDTR 15504 Assessments. *Software Process: Improvement and Practice*, 3(3), 177–188.
- Sulayman, M., Mendes, E., Urquhart, C., Riaz, M., & Tempero, E. (2014). Towards a theoretical framework of SPI success factors for small and medium web companies. *Information and Software Technology*, 56(7), 807–820.
- TMMI Foundation. (2009). *Test Maturity Model Integration (TMMi) Version 2.0*. Ireland: TMMI Foundation.
- Vahid, G., & Junji, Z. (My de 2013). A survey of software testing practices in Canada. *Journal of Systems and Software*, Volume 86(Issue 5), págs. Pages 1354–1376.
- Van Veenendaal, E., & Bath, G. (s.f.). *Critical Success Factors for Test Process Improvement*. Recuperado el 28 de 02 de 2017, de EuroStar Software Testing Conference: <https://huddle.eurostarsoftwaretesting.com/>
- Vasconcelos, J. B., Kimble, C., Carreteiro, P., & Rocha, Á. (2017). The application of knowledge management to software evolution. *International Journal of Information Management*, 37(1), 1499–1506.
- Visser, B., de Vries, G., Linker, B., Wilhelmus, L., van Ewijk, A., & van Oosterwijk, M. (2013). *TPI® NEXT - Business Driven Test Process Improvement* (1 edition (November 17, 2009) ed.). UTN Publishers.
- Yuan-Hsin, T., & Tsenga, S.-S. (August de 2013). A novel approach to collaborative testing in a crowdsourcing environment. *Journal of Systems and Software*, Volume 86(Issue 8), págs. Pages 2143–2153.

Apêndice A

Resultados de la evaluación individual (R y P), comparada (R.P) y comentario sobre las unidades de análisis del tipo TA: Fábrica de Prueba.

Prácticas	R	P	R.P	Comentario
OT.1.BP1	L	L	L	Las bases del contrato establecen directrices de pruebas de alto nivel que Rho y Phi están obligadas a cumplir
OT.1.BP2	P	P	P	Al ser Phi y Rho unidades tipo fábrica de software y tener requisitos contractuales., se lleva el monitoreo y control a demanda del Cliente.
OT.1.BP3	P	P	P	Phi y Rho actualizan la especificación según la necesidad del cliente
TM.1.BP1	L	L	L	Se tiene el contexto entendido ya que la forma de trabajo lo exige.
TM.1.BP2	L	L	L	Las directrices lo establecen como entregable el plan de pruebas., que además es usado como estrategia comercial
TM.1.BP3	P	L	P	Los riegos se analizan como prevención ya que es más riguroso el proceso de pruebas.
TM.1.BP4	P	L	P	Se realiza la mitigación de riesgos según lo establecido en el análisis (no formal)
TM.1.BP5	L	L	L	Se diseña la estrategia y se busca la aprobación del Cliente.
TM.1.BP6	L	L	L	Al ser unidades como fábrica de software se estima el esfuerzo y los perfiles necesarios para llevar a cabo las pruebas.
TM.1.BP7	P	L	P	Se asignan recursos a las tareas de pruebas planificadas. Usualmente se definen hitos en la programación que corresponden a compromisos comerciales (pagos por hitos)
TM.1.BP8	P	F	I	Se archiva en repositorio común, pero no siempre los miembros del equipo lo consultan
TM.1.BP9	L	F	L	Al ser una organización grande, se consigue que haya un consenso con los interesados y se busca aprobación antes de comenzar.
TM.1.BP10	F	F	F	Se tiene el plan de pruebas disponible ya que se brinda el servicio tercerizado
TM.2.BP1	L	L	L	Se manejan medidas para controlar el avance de las pruebas ya que se necesita rigurosidad al ser un servicio.
TM.2.BP2	F	F	F	Se monitorea continuamente para establecer métricas del servicio brindado.
TM.2.BP3	L	L	L	Se realiza el control ya que existen directrices de control recibidas
TM.2.BP4	L	F	L	Se comunica el avance y/o estado de las pruebas ya que de éste depende el cumplimiento de las directrices.
TM.3.BP1	L	F	L	Se mantienen archivados los activos para llevar un registro de lo que se entrega en el servicio, por lo general establecido por el contrato.
TM.3.BP2	L	F	L	Se prepara los ambientes ya que depende de ello para brindar un buen servicio.
TM.3.BP3	F	F	F	Se identifican las lecciones aprendidas para mejorar el servicio (con el cliente)
TM.3.BP4	F	F	F	Se reporta al cliente e interesados ya que depende de ello el control del servicio.
DT.1.BP1	L	L	L	Se maneja los conjuntos de características ya que es la base a probar.
DT.1.BP2	L	F	L	Se derivan las condiciones de prueba en base a las directrices establecidas

Prácticas	R	P	R.P	Comentario
DT.1.BP3	P	F	I	En Rho la cobertura se determina por juicio experto. En Phi, en algunos ciclos de prueba se utilizan técnicas de cobertura.
DT.1.BP4	P	L	P	En ambos se obtienen los casos de pruebas en base al juicio experto de los involucrados en la tarea, en vez de utilizar técnicas de cobertura.
DT.1.BP5	L	L	L	En ambos casos son las herramientas de gestión de casos de pruebas usadas las que obligan a crear los conjuntos de pruebas para ejecución.
DT.1.BP6	P	F	I	En Rho no se establecen procedimientos de pruebas, los casos se pruebas no son agrupados según una secuencialidad determinada por dependencia de casos de prueba- En el caso d Phi, esta actividad si se realiza.
DT.2.BP1	L	F	L	Se realiza un plan y la reunión respectiva ya que la información debe estar disponible para el cliente y principales interesados.
DT.2.BP2	L	F	L	Se maneja el entorno de pruebas ya que debe estar siempre disponible.
DT.3.BP1	F	F	F	Se ejecutan procedimientos establecidos por acuerdo entre las partes (cliente y proveedor).
DT.3.BP2	L	F	L	Se comparan los resultados obtenidos para obtener el grado de adopción según los parámetros establecidos.
DT.3.BP3	F	F	F	Se registra para tener evidencia de lo obtenido.
DT.4.BP1	P	F	I	Para Rho, este análisis de datos no es de mucha profundidad. En el caso de Phi, se analizan los datos haciendo uso de métricas las elaboradas o combinación de las mismas.
DT.4.BP2	L	F	L	Se actualiza al reporte de incidentes para tener el estado actual de las pruebas.

Apéndice B

Resultados de la evaluación individual (Xi y Mi), comparada (X.M) y comentario sobre las unidades de análisis del TB: Profesionales de prueba en equipo de desarrollo.

Prácticas	X	M	X.M	Comentario
OT.1.BP1	L	N	I	Mi no cuenta con políticas y sus estrategias de pruebas están determinadas por el contexto de cada proyecto y las personas involucradas. Xi ha iniciado la definición de políticas pero no han sido comunicadas a las partes interesadas relevantes.
OT.1.BP2	N	P	N	Al no tener una política de prueba, no se realiza un control y monitoreo del mismo.
OT.1.BP3	N	N	N	Asimismo no se actualiza ninguna política.
TM.1.BP1	L	N	I	Xi y Mi no se determinar el alcance de pruebas en la oportunidad que le corresponde.
TM.1.BP2	P	P	P	No usan un plan de pruebas pues se alinean en algunos aspectos al plan del proyecto
TM.1.BP3	P	N	N	Los riesgos no son analizados o en algunos casos se realiza informalmente.
TM.1.BP4	N	N	N	Riesgos no analizados formalmente, entonces no se realiza plan de mitigación de riesgos.
TM.1.BP5	P	P	P	Se realiza una estrategia de pruebas informal de acuerdo a las necesidades del momento.
TM.1.BP6	P	N	N	No se estima formalmente los recursos de prueba y se sigue una regla arbitraria de ratio entre desarrolladores y probadores

Prácticas	X	M	X.M	Comentario
TM.1.BP7	P	N	N	La dotación de personal se da según la necesidad o disponibilidad de personal de pruebas en prioridad con otros proyectos, causando posibles retrasos al cronograma del proyecto.
TM.1.BP8	P	N	N	No se realiza un plan de pruebas formalmente o en algunos casos no se cuenta con él.
TM.1.BP9	N	N	N	Al no contar con un plan de pruebas (o en todo caso se tiene informalmente), no se maneja un consenso del mismo.
TM.1.BP10	P	N	N	Asimismo no existe o es informal la comunicación del plan de pruebas
TM.2.BP1	N	N	N	No se establecen medidas para controlar el avance de pruebas pues el proceso es informal.
TM.2.BP2	P	P	P	Se monitorea informalmente (consulta, porcentaje de avance, etc.) el avance de las pruebas, por cumplimiento de los compromisos.
TM.2.BP3	P	N	N	Al no contar con una política de pruebas, se da un control informal o en todo caso no se realiza un control sobre las pruebas.
TM.2.BP4	P	N	N	Se realiza un reporte informal de pruebas o no se da; ya que el proceso es informal.
TM.3.BP1	F	P	I	Se encontró que en Xi se maneja formalmente los activos de pruebas archivados, mientras que para Mi éste proceso no se realiza.
TM.3.BP2	F	P	I	Asimismo para el proceso de preparación de ambientes, en el caso de la Xi se da y Mi no; esto se debe a la formalidad de cada una.
TM.3.BP3	P	P	P	Se identifican lecciones aprendidas informalmente y no se toman acciones a partir de ellas.
TM.3.BP4	P	N	N	Se reporta informalmente la finalización de pruebas.
DT.1.BP1	L	N	I	En Xi los conjuntos de funcionalidades del software bajo prueba si son identificados y los casos de prueba son organizados. En el caso de Mi estas conjuntos no son identificados.
DT.1.BP2	P	N	N	Se derivan las condiciones de prueba informalmente (experiencia) o en todo caso no se escriben solo se prueba en base a la experiencia y a la funcionalidad.
DT.1.BP3	P	N	N	Se deriva la cobertura de pruebas por juicio de experto (informalmente).
DT.1.BP4	P	P	P	En ambos casos se obtienen los casos de prueba en base a la experiencia.
DT.1.BP5	L	N	I	En Xi se cumple en crear los conjuntos de pruebas para ejecución, por ser elemento obligatorio de la herramienta de gestión de casos de prueba, mientras que en Mi no se realiza, pues no usan herramienta.
DT.1.BP6	P	N	N	En ningún caso se establecen procedimientos como secuencialidad de pruebas
DT.2.BP1	L	P	P	Se realiza informalmente el plan para los requisitos del entorno de pruebas.
DT.2.BP2	L	L	L	Se maneja el entorno de pruebas ya que debe estar siempre disponible.
DT.3.BP1	L	P	P	Se ejecutan informalmente los procedimientos de pruebas en caso los tengan.
DT.3.BP2	L	P	P	Se compara informalmente los resultados obtenidos de la ejecución de las pruebas.
DT.3.BP3	F	P	I	En el caso de la empresa mediana sí se registraba la ejecución de las pruebas, mientras que en la empresa pequeña no se lleva a cabo dicho registro.
DT.4.BP1	P	N	N	No se realiza un análisis formalmente o en todo caso no se da ninguno.
DT.4.BP2	L	P	P	Se crea y/o actualiza el reporte de incidentes informalmente.

Factores que Afectan la Precisión de la Estimación del Esfuerzo en Proyectos de Software Usando Puntos de Caso de Uso

Luis Morales Huanca¹, Sussy Bayona Oré¹

luis.morales2@unmsm.edu.pe, sbayonao@hotmail.com

¹ Unidad de Posgrado de la Facultad de Sistemas e Informática, Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), Av. Germán Amézaga s/n, Lima, Perú.

DOI: 10.17013/risti.21.18-32

Resumen: El éxito de un proyecto de desarrollo de software depende de que el producto obtenido cumpla con las especificaciones del usuario y se termine dentro del plazo y con el presupuesto establecido. Muchos proyectos de software presentan el problema de no estar siendo desarrollados dentro del plazo planificado debido a una mala valoración del esfuerzo o duración del proyecto de software. La presente investigación tiene como objetivo determinar los factores que afectan la precisión de la estimación del esfuerzo en proyectos de software, usando Puntos de Caso de Uso como método de estimación. Un total de 37 estudios primarios fueron seleccionados. Los resultados muestran que los factores ambientales, la complejidad de los casos de uso, la falta de estandarización de los casos de uso, factores técnicos y contabilización de las transacciones son algunos de los factores que afectan la precisión del método de Puntos de Caso de Uso.

Palabras-clave: Proyecto de Desarrollo de Software; Puntos de Caso de Uso; Estimación de esfuerzo.

Factors Affecting the Accuracy of Effort Estimation in Software Projects Using Use Case Points

Abstract: The success of a software development project depends on that the retrieved product complies with the user's specifications and to be completed within the time and within the budget established. Many software projects show the problem about that they are not being developed within the time set due to a bad assessment of the effort or duration of the software project. This research has the objective of determining the factors that affect the accuracy of the effort estimation in software projects using the Use Case Points as estimation method. A total of 37 primarily studies were selected. The results show that the environmental factors, the use cases complexity, the lack of use case standardization, technical factors and counting transactions are some of the factors that affect the accuracy of the Use Case Points method.

Keywords: Software development projects; Use Case Points; Effort estimation.

1. Introducción

Para la industria del software predecir cuál será el esfuerzo requerido para un proyecto de software tan tempranamente como sea posible es de suma importancia (Ayyıldız & Koçyiğit, 2014). La estimación del esfuerzo es una métrica fundamental en proyectos de software (Chavarría, Oré & Pastor, 2016), pudiendo ser formalizado mediante la creación de un método (Flores-Rios, Pino, Ibarra-Esquer, González-Navarro & Rodríguez-Elías, 2014). Existen métodos de estimación de esfuerzo que son adecuados para diferentes ambientes, software, etc., pero todavía no están dando mejores resultados siempre debido a algunos problemas o factores (Saroja & Sahu, 2015). Muchos investigadores han utilizado el método basado en tecnología orientado a objetos conocido como Puntos de Caso de Uso para la estimación de esfuerzo en el desarrollo de un proyecto de software. Los casos de uso son la base del método de Puntos de Caso de Uso, mediante el cual se puede documentar los requerimientos de un sistema en términos de actores y casos de uso, proporcionando uno o más escenarios que indican cómo debería interactuar el sistema con el usuario o con otro sistema para conseguir un objetivo específico. La estimación del esfuerzo en proyectos de software mediante el uso del método de Puntos de Caso de Uso, consiste en un método de estimación del tiempo de desarrollo de un proyecto de software mediante la asignación de “pesos” a un cierto número de factores que lo afectan, para que luego a partir de esos factores se pueda contabilizar el tiempo total estimado para el proyecto de software en cuestión (Recalde & Lopez, 2010; Vasconcelos et al., 2017).

En el presente artículo se realiza una revisión de literatura exhaustiva orientada a determinar los factores que afectan la precisión en la estimación del método de Puntos de Caso de Uso, para lo cual se tomará como referencia estudios realizados entre los años 2010 al 2016. En la sección 2 se presenta el marco teórico. En la sección 3 se presenta la revisión de la literatura. En la sección 4 se presenta el informe de la revisión. En la sección 5 se presenta el anexo del listado de artículos primarios y finalmente en la sección 6 se presenta las conclusiones.

2. Marco Teórico

2.1. Estimación de Esfuerzo

Trendowicz y Jeffery definen la estimación de esfuerzo como una combinación de persona y tiempo, refiriéndose al tiempo de trabajo enteramente productivo que una persona debería necesitar para completar un cierto trabajo (Trendowicz & Jeffery, 2014). La estimación del esfuerzo a invertir en proyectos de desarrollo de software es vital para la planificación de proyectos ya que nos da una medida del tiempo y costo estimado durante el ciclo de vida del proyecto de software. Sin embargo, la estimación de costos y esfuerzos sigue siendo una de las tareas más difíciles en la gestión de un proyecto de software, a pesar de que existen técnicas que permiten realizar esta tarea (Pow-Sang, 2004). La duración de las tareas y estimaciones de esfuerzo se determinan durante la etapa de planificación del proyecto y proporcionan la base para la posterior planificación, control y toma de decisiones. Las estimaciones son, en efecto, conjeturas respecto al rendimiento futuro basado en el conocimiento disponible. Como tal, su exactitud se ve afectada por el grado de incertidumbre con respecto a la tarea que se estima. La incertidumbre está asociada, entre otras cosas, con las definiciones de los requisitos, elección de la solución

tecnológica, innovación de necesidad, y las características del cliente (Morgenshtern, Raz & Dvir, 2007). Luego, la parte más crítica y crucial de estimación de software es cuando se requiere la estimación en las primeras etapas del ciclo de vida del software en el que el problema a resolver no ha sido aun completamente revelado. La realización de una estimación temprana del esfuerzo en proyecto de software ayuda a que los proyectos sean administrados de manera eficiente y ayuda a los gerentes a estimar el esfuerzo, planificar y costear el proyecto. Esto a su vez, permite a los gerentes realizar una oferta efectiva en proyectos de software (Nassif, Capretz & Ho, 2010).

2.2. Puntos de Caso de Uso

En la actualidad la mayoría de proyectos de software desarrollados están utilizando la tecnología orientada a objetos para el desarrollo de proyectos de software y el método de puntos de caso de uso para la estimación de esfuerzo (Kirmani & Wahid, 2015). Puntos de Caso de Uso es utilizado para predecir el esfuerzo en horas hombre que toma desarrollar un proyecto de software, propuesto originalmente por Karner, quien lo define como un modelo que da una estimación del tamaño del esfuerzo para desarrollar un sistema que puede ser mapeado a horas-hombre para completar diversas fases del objetivo o completar todo el proyecto (Karner, 1993).

El método de Puntos de Caso de Uso presenta fortalezas y debilidades. Algunas de las fortalezas de este método son: (1) que puede ser utilizado en una fase temprana para estimar el esfuerzo, y es medido en base a un modelo de casos de uso que define el alcance funcional del sistema de software a ser desarrollado (Kusumoto, Matukawa, Inoue, Hanabusa & Maegawa, 2005), (2) es versátil y extensible a una variedad de proyectos de desarrollo y de pruebas, fácil de aprender y rápido para aplicar (Clemmons, 2006), (3) es conocido y ampliamente aceptado ya que utiliza dos prácticas comunes en la industria: el paradigma orientado a objetos y casos de uso para describir los requisitos de funcionalidad (Wang, Yang, Zhu & Chen, 2009). Sin embargo, también presenta algunas debilidades que están asociadas a los factores que afectan la precisión de la estimación del método de Puntos de Caso de Uso las cuales se muestran a continuación: (1) la primera versión del método de Puntos de Caso de Uso carece de validación y examinación sobre su fiabilidad para las organizaciones de software (Azzeh & Nassif, 2016), (2) incertidumbre asociada a los factores de costo y clasificación abrupta de los casos de uso (Wang, Yang, Zhu & Chen, 2009), (3) necesidad de calibración respecto a los niveles de complejidad de casos de usos y clasificación de actores (Nassif, Capretz & Ho, 2010), (4) carencia de información acerca del conteo del número de actores y de casos de uso y desfase de los factores técnicos y ambientales (Singh & Sahoo, 2012) y (5) discusión al asumir que la relación entre el esfuerzo del software y el tamaño sea lineal (Satapathy & Rath, 2014). Como resultado de las debilidades del método de Puntos de Caso de Uso existen varios factores que afectan la precisión en la estimación de este método. El estudio de estos factores se analiza a más detalle en la sección 4 (Informe de la Revisión).

3. Revisión de la Literatura

La revisión de la literatura se refiere a la estructura y reglas que componen la presente investigación. Esta revisión busca identificar los factores que afectan la estimación de la

técnica de Puntos de Caso de Uso en cuanto a su precisión. La revisión de la literatura realizada consta de los siguientes pasos: identificación de las preguntas de investigación, diseño de la estrategia de búsqueda, conducción de la revisión, síntesis de datos, resultados, y discusiones (ver Figura 1).

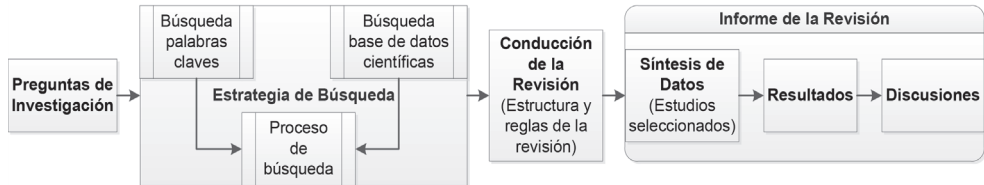


Figura 1 – Pasos realizados en Revisión de Literatura.

3.1. Preguntas de Investigación

Las preguntas de investigación que se plantean son: (1) ¿Qué factores o limitaciones afectan la precisión de la estimación del método de Puntos de Caso de Uso?, (2) ¿Cuáles son los futuros trabajos a realizar respecto al método de Puntos de Caso de Uso?

3.2. Estrategia de Búsqueda

Las siguientes fuentes fueron seleccionadas para llevar a cabo el proceso de búsqueda: ACM Digital Library, IEEE Xplore, Science Direct – Elsevier, Springer Link, Taylor and Francis, y Google Scholar. Se definieron las palabras claves para encontrar estudios relevantes en base a los títulos, resumen y contenido de artículos dentro del periodo 2010-2016. Las palabras claves utilizadas son: “Use Case Point” OR “Use Case Points” OR “Puntos de casos de usos” OR “Puntos de casos de uso” OR “Puntos de caso de uso” OR “Puntos de caso de usos” OR “Punto de casos de usos” OR “Punto de casos de uso”.

3.3. Conducción de la Revisión

La conducción de la revisión hace referencia a la estructura y reglas para llevar a cabo la revisión. A continuación se mencionan los pasos utilizados para conducir la presente revisión (ver Figura 2): (1) Se identificó estudios relevantes mediante la búsqueda por palabras claves y rango de búsqueda en las bases de datos seleccionadas, (2) estudios irrelevantes fueron excluidos ya sea por duplicados o retiros en base al análisis de títulos y resúmenes de los estudios, (3) por consiguiente se obtuvieron estudios candidatos por cada base de datos seleccionada. (4) Se evaluó los estudios candidatos en base a la lectura de texto completa y (5) por último se obtuvieron los estudios primarios (seleccionados).

4. Informe de la Revisión

Esta sección representa los resultados y la discusión de esta revisión con el fin de responder a las preguntas de investigación.

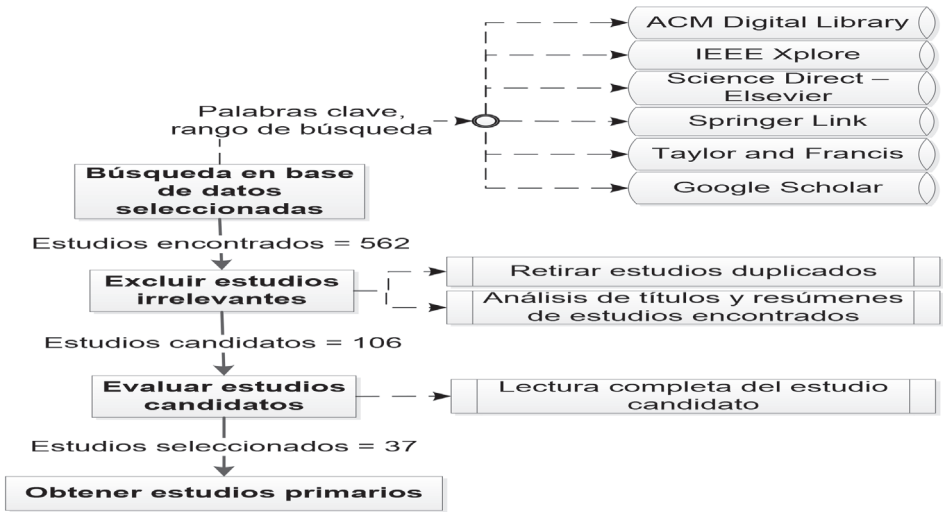


Figura 2 – Conducción de la Revisión.

4.1. Síntesis de Datos

En la Tabla 1, se muestran la cantidad de estudios recuperados a través de las palabras claves de búsqueda de las diferentes bases de datos seleccionadas. La primera columna muestra las fuentes de búsquedas utilizadas (base de datos seleccionadas). La segunda columna muestra el resultado de la selección inicial de artículos obtenidos en base a la búsqueda de palabras claves realizada en cada una de las bases de datos seleccionadas. La tercera columna muestra los artículos candidatos que son los números de artículos que fueron seleccionados después de la exclusión de estudios irrelevantes. La cuarta columna muestra los artículos seleccionados que representa el número de artículos seleccionados después evaluarlos en base a la lectura de texto completa. Para identificar los artículos primarios seleccionados, revisar “Anexo: Relación de Artículos Primarios”.

Fuente	Artículos encontrados	Candidatos	Seleccionados
ACM Digital Library	41	10	2
IEEE Xplore	21	21	5
ScienceDirect-Elsevier	6	4	4
Springer Link	13	6	1
Taylor and Francis	5	0	0
Google Scholar	476	65	25
Total	562	106	37

Tabla 1 – Estudios seleccionados

4.2. Resultados

Se busca dar respuesta a las siguientes preguntas:

¿Qué factores afectan la precisión de la estimación del método de Puntos de Caso de Uso?

Para responder a esta pregunta se ha realizado un análisis de todos los artículos seleccionados y se ha identificado los factores que afectan la precisión del método de Puntos de Caso de Uso en cuanto a la estimación del esfuerzo, los cuales se muestran en la Tabla 2. Lo mostrado en la columna “Estudios Seleccionados” hace referencia al “Anexo: Relación de Artículos Primarios”.

Factores	Cantidad de Artículos Seleccionados	Porcentaje	Estudios Seleccionados
<i>Factores ambientales</i>	11	13,92%	[A3][A13][A18][A20][A22] [A23] [A24][A25] [A32][A36] [A37]
<i>Evaluacion de complejidad de casos de uso</i>	10	12,66%	[A2][A4][A12][A19][A21][A24] [A27][A28][A29][A33]
<i>Falta de estandarización de casos de uso</i>	8	10,13%	[A1][A4][A6][A11][A12][A15] [A25][A27]
<i>Factores técnicos</i>	7	8,86%	[A18][A20][A23][A24][A25] [A36][A37]
<i>Contabilizacion de transacciones</i>	7	8,86%	[A11][A27][A28][A29][A31] [A34][A37]
<i>Granularidad de casos de uso</i>	6	7,59%	[A1][A4][A9][A15][A17][A28]
<i>Relación lineal entre el tamaño del software y el esfuerzo</i>	6	7,59%	[A5][A10][A14][A30][A35] [A37]
<i>Factor de productividad</i>	6	7,59%	[A2][A3][A5][A7][A8][A35]
<i>Clasificacion de actores</i>	5	6,33%	[A24][A27][A28][A33][A37]
<i>Requerimientos no funcionales en casos de uso</i>	4	5,06%	[A4][A5][A16][A30]
<i>Diferente definición del término transaccion de caso de uso</i>	2	2,53%	[A26][A29]
<i>Falta de definición de estandarizacion de parametros</i>	1	1,27%	[A2]
<i>Volatilidad de requerimientos</i>	1	1,27%	[A25]
<i>Inclusión data histórica</i>	1	1,27%	[A7]
<i>Modelo de proceso de desarrollo de software aplicado</i>	1	1,27%	[A12]
<i>Tipo de Proyecto</i>	1	1,27%	[A25]
<i>Framework de software seleccionado</i>	1	1,27%	[A25]
<i>No aborda cambios en requerimientos o casos de uso</i>	1	1,27%	[A36]

Tabla 2 – Factores que afectan precisión del método de Puntos de Caso de Uso

Año de Publicación	Trabajo futuro	Estudios Seleccionados
2010	Validar resultados de estudio empírico contra Puntos de Caso de Uso estándar	[A28]
	Revisión de la estandarización de casos de uso	[A12]
2011	Testear en proyectos con más de 5000 horas	[A5]
	Factores ambientales y técnicos deben ser actualizados	[A35]
2013	Puntos de Caso de Uso debe manejar casos de usos de más de 7 transacciones	[A35]
	Pesos de casos de usos deben ser calibrados	[A35]
	Expandir experimento con mínimo 20 proyectos	[A25]
	Expandir experimento con más de 14 proyectos	[A20]
	Considerar efecto de diversos factores de complejidad	[A32]
2014	Trabajar con casos de uso con al menos 21 transacciones	[A29]
	Incluir en el proceso de estimación los casos de uso incluye y extend	[A29]

Tabla 3 – Futuros Trabajos

¿Cuáles son los futuros trabajos a realizar para mejorar el método de Puntos de Caso de Uso?

En base a la revisión de todos los artículos seleccionados se han identificado los futuros trabajos relevantes que aportan en el perfeccionamiento del método de Puntos de Caso de Uso en cuanto a la precisión de la estimación del esfuerzo, los cuales se muestran en la Tabla 3.

4.3. Discusiones

Esta sección provee discusiones en respuesta a los resultados obtenidos en la sección 4.2.

Discusión 1: Acerca de los factores que afectan la precisión de la estimación del método de Puntos de Caso de Uso

En referencia a los resultados obtenidos en la Tabla 2, se ha identificado 5 factores principales que afectan la precisión de la estimación del método de Puntos de Caso de Uso, los cuales son: Factores ambientales, Evaluación de complejidad de casos de uso, Falta de estandarización de casos de uso, Factores técnicos y Contabilización de transacciones.

En referencia a los factores ambientales y factores técnicos se han consolidado cuestionamientos relevantes a la presente revisión. Los factores ambientales y técnicos originales del método de Puntos de Caso de Uso afectan la estimación (Habib, Ali & Atique, 2012) y se encuentran desfasados (Singh & Sahoo, 2012), por lo que se requiere una reorganización de éstos (Ribeiro, Modesto & Santos, 2012). Además, una pequeña variación en el valor del peso de los factores ambientales incrementará

en demasía los Puntos de Caso de Uso en cuanto al tamaño y, por tanto, el esfuerzo total del proyecto. Incluso un pequeño ajuste, por medio punto, variará el resultado final en un 40% (Anukula & Perumal, 2012). Los factores ambientales y técnicos son propensos al sesgo influenciado por la experiencia del estimador (Alves, Valente & Nunes, 2013) y no presentan estandarización (Ayyıldız, Koçyiğit & Peker, 2013). Azzeh propone la inclusión de 3 nuevos factores ambientales con el fin de ayudar a obtener mayor precisión en los resultados (Azzeh, 2013). Asimismo, Jha, Jena y Malu introducen 6 nuevos factores ambientales a fin de ayudar a obtener mayor precisión en los resultados (Jha, Jena & Malu, 2014). Por su parte, Kirmani y Wahid realizan una revisión del método de Puntos de Caso De Uso original introduciendo un nuevo factor ambiental y un nuevo factor técnico con el fin de ayudar a obtener mayor precisión en los resultados (Kirmani & Wahid, 2015). Por consiguiente, se resalta la necesidad de refinar los parámetros usados en los factores ambientales y técnicos los cuales están directamente relacionados a las estimaciones calculadas usando el método de Puntos de Caso de Uso (Kirmani & Wahid, 2015).

Con respecto a la evaluación de la complejidad de los casos de uso, según Nassif, Capretz y Ho necesita calibración (Nassif, Capretz & Ho, 2010), por lo que se debe estandarizar el nivel de complejidad de cada caso de uso en función de sus escenarios principales, transacciones y cuadros de diálogo (Remón & Thomas, 2010), tomando en cuenta que la complejidad de un caso de uso puede variar mucho, dependiendo de cuál diseño es utilizado (Felipe et al., 2014). En los estudios de Nassif, Capretz y Ho se indican que uno de los principales inconvenientes es la ausencia de calibración cuando se clasifica la complejidad de casos de uso; por ejemplo, un caso de uso de 4 transacciones tiene dos veces el peso de un caso de uso que tiene 3 transacciones (Nassif, 2010) (Nassif, Capretz & Ho, 2014). Kamal y Ahmed indican que un problema importante con los casos de uso es la evaluación de la complejidad del caso de uso; por ejemplo en un típico CRUD (Create, Replace, Update, Delete), sería correcto considerarlo como un caso de uso con 4 escenarios así como un caso de uso con un solo escenario (Kamal & Ahmed, 2011). Por último en los estudios de “Kirmani y Wahid” y “Park, Moon y Kim”, se propone una nueva categorización en la complejidad de casos de uso agregando una categoría más a las ya existentes (Kirmani & Wahid, 2015) (Park, Moon & Kim, 2016).

Con respecto a la falta de estandarización de casos de uso se ha determinado que genera desviaciones en la estimación del método de Puntos de Caso de Uso (Remón & Thomas, 2010) y se debe contar con la narrativa de casos de uso para hacer efectiva tal estandarización (Bajaj & Bathla, 2014). Popović y Bojić indican que el mayor problema es la ausencia de un estándar que precisamente defina que es un caso de uso debido a que difieren de proyecto a proyecto (Popović & Bojić, 2012). Thomas y Remón indican que debido a las múltiples formas que existen para describir un caso de uso, el resultado del valor de los Puntos de Caso de Uso puede variar considerablemente aplicando contabilización por transacciones u escenarios (Thomas & Remón, 2011). Además de haber múltiples formas de escribir o estructurar casos de uso, las diferentes variaciones del estilo de casos de uso pueden dificultar la medida de la complejidad de un caso de uso (Chaudhary & Khatoon, 2015).

Con respecto a la contabilización de transacciones se ha determinado que la efectividad del método de Puntos de Caso de Uso depende principalmente de la manera en que las transacciones de casos de uso son contabilizadas (Jena & Mishra, 2014). Asimismo en los estudios “Kirmani y Wahid” y “Park, Moon y Kim” se mencionan que el criterio para contabilizar el número de transacciones aún no está claro (Kirmani & Wahid, 2015) (Park, Moon & Kim, 2016). Nunes indica que se requiere una diferenciación entre una transacción de caso de uso y un escenario de caso de uso, ya que una transacción puede contener más de un escenario y viceversa (Nunes, 2010). Thomas y Remón indican que existe ausencia de una norma que permita realizar el conteo de transacciones u escenarios con lo cual se tiene una influencia directa en la estimación (Thomas & Remón, 2011). Ochodek, Nawrocki y Kwarciak indican que algunos autores sugieren que contar transacciones es equivalente a contar pasos, lo cual en la práctica no siempre es verdad. La diferencia entre el número de pasos y el número de transacciones impacta el valor de los puntos de casos de uso (Ochodek, Nawrocki & Kwarciak, 2011).

En base a los aportes ya descritos se hace necesario reorganizar los factores ambientales y técnicos. Sin embargo hace también falta conseguir una estandarización en cuanto a la descripción de los casos de uso, siendo esto muy importante ya que al estandarizar correctamente un caso de uso se evita más imprecisiones al momento de contabilizar transacciones. Por último en cuanto a la evaluación de la complejidad de casos de uso se ha podido determinar que tiene una gran dependencia de la contabilización de transacciones. Analizando los diferentes estudios, se ha podido inferir que los factores que sirven como entrada para la aplicación del método de Puntos de Caso de Uso son: (1) una buena aplicación de los casos de usos que está relacionada con la estandarización y granularidad de casos de uso, y (2) una correcta contabilización de transacciones de casos de uso. Lo expuesto, es punto de partida para luego calcular los siguientes pasos del método de Puntos de Caso de Uso: clasificación de los actores, complejidad de casos de uso, evaluación de factores ambientales y técnicos, obtención de los Puntos de Caso de Uso y por último la obtención del esfuerzo en horas.

Discusión 2: Acerca de los futuros trabajos a realizar para mejorar el método de Puntos de Caso de Uso

En base a los resultados obtenidos en la Tabla 3, se ha podido identificar que la mayoría de los autores hacen referencia a continuar con la afinación del método de Puntos de Casos de Uso haciendo uso de más proyectos y utilizando casos de uso con mayor cantidad de transacciones dentro de sus investigaciones (Kashyap, Shukla & Misra, 2014) (Nunes, 2010) (Alves, Valente & Nunes, 2013) (Ayyildiz, Kocyiğit & Peker, 2013) (Nassif, Capretz & Ho, 2011) (Nassif, Ho & Capretz, 2013). Otros trabajos futuros restantes como una estandarización de casos de uso (Remón & Thomas, 2010), calibración de los pesos de casos de uso (Nassif, Ho & Capretz, 2013), consideración de diversos factores de complejidad (Azzeh, 2013) y actualización de los factores ambientales y técnicos (Nassif, Ho & Capretz, 2013); ya han sido evidenciados como materia de estudio por diversos autores en la presente investigación.

5. Anexo: Relación de Artículos Primarios

Núm.	Título	Autor
A1	A comparative evaluation of effort estimation methods in the software life cycle	(Popović & Bojić, 2012)
A2	A Comparative Study of Three Test Effort Estimation Methods	(Felipe, et al., 2014)
A3	A hybrid model for estimating software project effort from Use Case Points	(Azzeh & Nassif, 2016)
A4	A Proposed Framework for Use Case based Effort Estimation using Fuzzy Logic: Building upon the outcomes of a Systematic Literature Review	(Kamal & Ahmed, 2011)
A5	A Regression Model with Mamdani Fuzzy Inference System for Early Software Effort Estimation Based on Use Case Diagrams	(Nassif, Capretz & Ho, 2011)
A6	A Tool to Evaluate the Performance of UCP	(Bajaj & Bathla, 2014)
A7	Algorithmic Optimisation Method for Improving Use Case Points Estimation	(Silhavy & Prokopova, 2015)
A8	An Application of Classification and Class Decomposition to Use Case Point Estimation Method	(Azzeh & Banitaan, 2015)
A9	An Elementary-Function-Based Refinement Method for Use Cases to Improve Reliability of Use Case Points	(Heo, Seo & Baik, 2015)
A10	An Empirical Study on the Estimation of Software Development Effort with Use Case Points	(Alves, Sousa, Ribeiro & Machado, 2013)
A11	Análisis Comparativo de Estimación de Esfuerzo en el Desarrollo de Software	(Thomas & Remón, 2011)
A12	Análisis de Estimación de Esfuerzo aplicando Puntos de Caso de Uso	(Remón & Thomas, 2010)
A13	Analog-Based Cost Estimation For Managing Inconsistency In Software Development	(Anukula & Perumal, 2012)
A14	Analysis of task effort estimation accuracy based on use case point size	(Popovic, Bojic & Korolija, 2015)
A15	Analysis of Use Cases and Use Case Estimation	(Chaudhary & Khatoon, 2015)
A16	Applying Requirement Based Complexity For The Estimation Of Software Development And Testing Effort	(Sharma & Kushwaha, 2012)
A17	Applying Systems Engineering Modeling Language (SysML) to System Effort Estimation Utilizing Use Case Points	(Bone & Cloutier, 2011)
A18	Avaliação da Importância dos Fatores Técnicos e Ambientais do Método Pontos por Caso de Uso com Base no Método AHP	(Ribeiro, Modesto & Santos, 2012)
A19	Calibrating use case points	(Nassif, Capretz & Ho, 2014)
A20	Comparison of Three Software Effort Estimation Methodologies with Case Study	(Ayyıldız, Koçyiğit & Peker, 2013)
A21	Enhancing Use Case Points Estimation Method Using Soft Computing Techniques	(Nassif, 2010)

Núm.	Título	Autor
A22	Estimating Software Development Effort using UML Use Case Point (UCP) Method with a Modified set of Environmental Factors	(Jha, Jena & Malu, 2014)
A23	Extending the UCP Model by Incorporating the Prevailing Trends in Software Effort Estimation	(Habib, Ali & Atique, 2012)
A24	Impact of Modification Made in Re-UCP on Software Effort Estimation	(Kirmani & Wahid, 2015)
A25	Improving software effort estimation with human-centric models: a comparison of UCP and iUCP accuracy	(Alves, Valente & Nunes, 2013)
A26	Improving the reliability of transaction identification in use cases	(Ochodek, Alchimowicz, Jurkiewicz & Nawrocki, 2011)
A27	Improving Use Case Point (UCP) Based on Function Point (FP) Mechanism	(Park, Moon & Kim, 2016)
A28	iUCP-estimating interaction design projects with enhanced use case points	(Nunes, 2010)
A29	Refining the Use Case Classification for Use Case Point Method for Software Effort Estimation	(Kashyap, Shukla & Misra, 2014)
A30	Regression Model for Software Effort Estimation Based on the Use Case Point Method	(Nassif, Ho & Capretz, 2011)
A31	Simplifying effort estimation based on Use Case Points	(Ochodek, Nawrocki & Kwarciak, 2011)
A32	Software cost estimation based on use case points for global software development	(Azzeh, 2013)
A33	Software Estimation in the Early Stages of the Software Life Cycle	(Nassif, Capretz & Ho, 2010)
A34	Survey Report on Software Cost Estimation using Use Case Point Method	(Jena & Mishra, 2014)
A35	Towards an early software estimation using log-linear regression and a multilayer perceptron model	(Nassif, Ho & Capretz, 2013)
A36	UML Based Object Oriented Software Development Effort Estimation Using ANN	(Singh & Sahoo, 2012)
A37	Use Case Point Method of Software Effort Estimation: A Review	(Kirmani & Wahid, 2015)

Tabla 4 – Listado de Artículos Primarios

6. Conclusiones

Los trabajos de investigación de diversos autores revisados destacaron que se necesita refinación en cuanto a la estimación que provee el método de Puntos de Caso de Uso para proyectos de desarrollo de software. En base a los factores analizados que influyen en el método de Puntos de Caso de Uso se ha determinado que los puntos claves en la aplicación del método de Puntos de Caso de Uso son una estandarización de casos de uso y luego una correcta contabilización de transacciones de casos de uso. Una vez realizado ello la imprecisión debería ser menor para los cálculos posteriores que conlleva el método de

Puntos de Caso de Uso. Los estudios acerca de la afinación de las estimaciones basadas en la mejora de la clasificación de actores, evaluación de complejidad de casos de uso, cálculo de factores ambientales y técnicos o cálculo del factor de productividad son de mucha utilidad, alcanzando su mayor provecho al dar importancia tempranamente a la estandarización de casos de uso y contabilización de transacciones de casos de uso. Respecto a los trabajos futuros, con la finalidad de seguir aportando a la afinación del método de Puntos de Caso de Uso debe revisarse otros factores que afectan la estimación y trabajar en las investigaciones con una mayor cantidad de proyectos de software y también contar con proyectos de software de diferente tamaño y esfuerzo.

Referencias

- Alves, R., Valente, P., & Nunes, N. J. (2013, Junio). Improving software effort estimation with human-centric models: a comparison of UCP and iUCP accuracy. In *Proceedings of the 5th ACM SIGCHI symposium on Engineering interactive computing systems* (pp. 287-296). ACM.
- Alves, L. M., Sousa, A., Ribeiro, P., & Machado, R. J. (2013, Octubre). An empirical study on the estimation of software development effort with use case points. In *Frontiers in Education Conference, 2013 IEEE* (pp. 101-107). IEEE.
- Anukula, J. M., & Perumal, S. M. (2012). Analog-Based Cost Estimation For Managing Inconsistency In Software Development. *International Journal of Research Sciences and Advanced Engineering*, 3(2), 50-54.
- Ayyıldız, T. E., Koçyiğit, A., & Peker, D. (2013). Comparison of Three Software Effort Estimation Methodologies with Case Study. In *3rd World Conference on Innovation and Computer Science (Vol. 4, pp. 257-262)*.
- Ayyıldız, T. E., & Koçyiğit, A. (2014). An early software effort estimation method based on use cases and conceptual classes. *Journal of Software*, 9(8), 2169-2173.
- Azzeh, M. (2013, Marzo). Software cost estimation based on use case points for global software development. In *Computer Science and Information Technology (CSIT), 2013 5th International Conference on* (pp. 214-218). IEEE.
- Azzeh, M., & Banitaan, S. (2015, Diciembre). An Application of Classification and Class Decomposition to Use Case Point Estimation Method. In *Machine Learning and Applications (ICMLA), 2015 IEEE 14th International Conference on* (pp. 1268-1271). IEEE.
- Azzeh, M., & Nassif, A. B. (2016). A hybrid model for estimating software project effort from Use Case Points. *Applied Soft Computing*, 49, 981-989.
- Bajaj, P., & Bathla, D. R. (2014). A Tool to Evaluate the Performance of UCP. *International Journal*, 2(7).
- Bone, M. A., & Cloutier, R. (2011, Junio). 1.4. 3 Applying Systems Engineering Modeling Language (SysML) to System Effort Estimation Utilizing Use Case Points. In *INCOSE International Symposium (Vol. 21, No. 1, pp. 114-127)*.

- Chaudhary, A., Chaudhary, N., & Khatoon, A. (2015). Analysis of Use Cases and Use Case Estimation. *International Journal Of Engineering And Computer Science*, 4(3), 10791–10798.
- Chavarría, A. , Bayona, S., & Pastor, C. (2016). Aseguramiento de la Calidad en el Proceso de Desarrollo de Software utilizando CMMI, TSP y PSP. *RISTI-Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (20), 62–77.
- Clemmons, R. K. (2006). Project estimation with use case points. *The Journal of Defense Software Engineering*, 18–22.
- Felipe, N. F., Cavalcanti, R. P., Maia, E. H. B., Amaral, W. P., Farnese, A. C., Tavares, L. D., ... & de Pádua Paula Filho, W. (2014). A Comparative Study of Three Test Effort Estimation Methods. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 8, 1–13.
- Flores-Rios, B. L., Pino, F. J., Ibarra-Esquer, J. E., González-Navarro, F. F., & Rodríguez-Elías, O. M. (2014). Análisis de Flujos de Conocimiento en Proyectos de Mejora de Procesos Software bajo una perspectiva multi-enfoque. *RISTI-Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (14), 51–66.
- Habib, M. U., Ali, M. A., & Atique, N. (2012). Extending the UCP Model by Incorporating the Prevailing Trends in Software Effort Estimation. *International Journal of Computer Applications*, 59(5).
- Heo, R., Seo, Y. D., & Baik, D. K. (2015). An Elementary-Function-Based Refinement Method for Use Cases to Improve Reliability of Use Case Points. *Journal of KIISE*, 42(9), 1117–1123.
- Jena, P. P., & Mishra, S. (2014). Survey Report on Software Cost Estimation Using Use Case Point Method. *International Journal of Computer Science & Engineering Technology*, 5(4), 280–287.
- Jha, P., Jena, P. P., & Malu, R. K. (2014). Estimating software development effort using UML use case point (UCP) method with a modified set of environmental factors. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, 5(3), 2742–2744.
- Kamal, M. W., & Ahmed, M. A. (2011). A proposed framework for use case based effort estimation using fuzzy logic: building upon the outcomes of a systematic literature review. *International Journal of New Computer Architectures and their Applications (IJNCAA)*, 1(4), 953–976.
- Karner, G. (1993). Resource estimation for objectory projects. *Objective Systems SF AB*, 17.
- Kashyap, D., Shukla, D., & Misra, A. K. (2014). Refining the Use Case Classification for Use Case Point Method for Software Effort Estimation. In *Proceedings of International Conference on Recent Trends in Information, Telecommunication and Computing, ACEEE Association of Computer Electronics and Electrical Engineers*.
- Kirmani, M. M., & Wahid, A. (2015). Impact of modification made in Re-UCP on software effort estimation. *Journal of software engineering and applications*, 8(06), 276.

- Kirmani, M. M., & Wahid, A. (2015). Use case point method of software effort estimation: a review. *International Journal of Computer Applications*, 116(15).
- Kusumoto, S., Matukawa, F., Inoue, K., Hanabusa, S., & Maegawa, Y. (2005). Effort estimation tool based on use case points method. Osaka University.
- Morgenshtern, O., Raz, T., & Dvir, D. (2007). Factors affecting duration and effort estimation errors in software development projects. *Information and Software Technology*, 49(8), 827–837.
- Nassif, A. B. (2010). Enhancing use case points estimation method using soft computing techniques. *Journal of Global Research in Computer Science*, 1(4).
- Nassif, A. B., Capretz, L. F., & Ho, D. (2010, Enero). Software estimation in the early stages of the software life cycle. In *International conference on emerging trends in computer science, communication and information technology* (pp. 5–13).
- Nassif, A. B., Capretz, L. F., & Ho, D. (2011). A regression model with mamdani fuzzy inference system for early software effort estimation based on use case diagrams. In *Third International Conference on Intelligent Computing and Intelligent Systems* (pp. 615–620).
- Nassif, A. B., Ho, D., & Capretz, L. F. (2011). Regression model for software effort estimation based on the use case point method. In *2011 International Conference on Computer and Software Modeling* (Vol. 14, pp. 106–110).
- Nassif, A. B., Ho, D., & Capretz, L. F. (2013). Towards an early software estimation using log-linear regression and a multilayer perceptron model. *Journal of Systems and Software*, 86(1), 144–160.
- Nassif, A. B., Capretz, L. F., & Ho, D. (2014, Mayo). Calibrating use case points. In *Companion Proceedings of the 36th International Conference on Software Engineering* (pp. 612–613). ACM.
- Nunes, N. J. (2010). iUCP–Estimating Interaction Design Projects with Enhanced Use Case Points. *Task Models and Diagrams for User Interface Design*, 131.
- Ochodek, M., Alchimowicz, B., Jurkiewicz, J., & Nawrocki, J. (2011). Improving the reliability of transaction identification in use cases. *Information and Software Technology*, 53(8), 885–897.
- Ochodek, M., Nawrocki, J., & Kwarciak, K. (2011). Simplifying effort estimation based on Use Case Points. *Information and Software Technology*, 53(3), 200–213.
- Park, B. K., Moon, S. Y., & Kim, R. Y. C. (2016, Febrero). Improving Use Case Point (UCP) Based on Function Point (FP) Mechanism. In *Platform Technology and Service (PlatCon), 2016 International Conference on* (pp. 1–5). IEEE.
- Popović, J., & Bojić, D. (2012). A comparative evaluation of effort estimation methods in the software life cycle. *Computer Science and Information Systems*, 9(1), 455–484.
- Popovic, J., Bojic, D., & Korolija, N. (2015). Analysis of task effort estimation accuracy based on use case point size. *IET Software*, 9(6), 166–173.

- Pow-Sang, J. (2004). Estudio de Técnicas basadas en Puntos de Función para la Estimación del Esfuerzo en Proyectos Software. *Revista de investigación de Sistemas e Informática*, 1(1), 73–82.
- Recalde, O. M., & Lopez, A. M. (2010). Estimación Basada en Casos de Uso UCP–Use Case Points (Doctoral dissertation, Tesis de Maestría. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid).
- Remón, C. A., & Thomas, P. J. (2010). Análisis de Estimación de Esfuerzo aplicando Puntos de Caso de Uso. In XVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación.
- Ribeiro, B. B., Modesto, D. M., & Santos, G. (2012). Avaliação da Importância dos Fatores Técnicos e Ambientais do Método Pontos por Caso de Uso com Base no Método AHP. In *CIBSE* (pp. 210-223).
- Saroha & Sahu (2015). Analysis of various Software Effort Estimation Techniques. *International Research Journal of Computers and Electronics Engineering (IRJCEE)*, 3(2), 1–7.
- Satapathy, S. M., & Rath, S. K. (2014). Use case point approach based software effort estimation using various support vector regression kernel methods. *arXiv preprint arXiv:1401.3069*.
- Sharma, A., & Kushwaha, D. S. (2012). Applying requirement based complexity for the estimation of software development and testing effort. *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, 37(1), 1–11.
- Silhavy, R., Silhavy, P., & Prokopova, Z. (2015). Algorithmic optimisation method for improving use case points estimation. *PloS one*, 10(11), e0141887.
- Singh, J., & Sahoo, B. (2012). UML Based Object Oriented Software Development Effort Estimation Using ANN.
- Thomas, P. J., & Remón, C. A. (2011). Análisis comparativo de estimación de esfuerzo en el desarrollo de software. In XVII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación.
- Trendowicz, A., & Jeffery, R. (2014). Software Project Effort Estimation. *Foundations and Best Practice Guidelines for Success, Constructive Cost Model–COCOMO* pages, 277–293.
- Vasconcelos, J. B., Kimble, C., Carreteiro, P., & Rocha, Á. (2017). The application of knowledge management to software evolution. *International Journal of Information Management*, 37(1), 1499–1506.
- Wang, F., Yang, X., Zhu, X., & Chen, L. (2009, Diciembre). Extended use case points method for software cost estimation. In *Computational Intelligence and Software Engineering*, 2009. *CiSE 2009. International Conference on* (pp. 1-5). IEEE.

Una Revisión Sistemática de la Literatura Enfocada en el uso de Gamificación en Equipos de Trabajo en la Ingeniería de Software

Luis Hernández ¹, Mirna Muñoz ¹, Jezreel Mejía ¹, Adriana Peña ², Nora Rangel ³, Carlos Torres ³

luis.hernandez@cimat.mx, mirna.munoz@cimat.mx, jmejia@cimat.mx, adriana.pena@cucei.udg.mx, norarangel@cucba.udg.mx, jtorres@cencar.mx

¹ Centro de Investigación en Matemáticas – Unidad Zacatecas, C.P. 98068, Zacatecas, Zacatecas, México.

² Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías de la Universidad de Guadalajara, Blvd. Marcelino García Barragán #1421, esq. Calzada Olímpica, C.P. 44430, Guadalajara, Jalisco, México.

³ Centro de Estudios e Investigaciones en Comportamiento de la Universidad de Guadalajara, Calle Francisco de Quevedo # 180, Col. Arcos Vallarta, C.P. 44130, Guadalajara, Jalisco, México

DOI: 10.17013/risti.21.33–50

Resumen: Actualmente la gamificación ha sido aplicada más allá de los juegos tradicionales que conocemos, por ejemplo, ha sido aplicada en la educación de temas en la ingeniería de software, donde apoya el aprendizaje y cumplimiento de actividades en los proyectos. Sin embargo, existe muy poca evidencia de su aplicación para mejorar la integración de un equipo, donde existen diferentes factores que intervienen en su desempeño. Uno de los factores más importantes es el trabajo colaborativo, habilidad que todo ingeniero de software debe tener. Basado en lo anterior, la integración adecuada de un equipo influye en el rendimiento del mismo, por esto se deben complementar las habilidades, conocimientos y estilos interactivos de cada miembro para obtener un equipo altamente efectivo. Este estudio presenta los resultados de una revisión sistemática, enfocada en el uso de gamificación para crear un equipo, reduciendo el tiempo de integración y por lo tanto mejorar su rendimiento.

Palabras-clave: Gamificación; equipos de trabajo; trabajo colaborativo; elementos de gamificación; ingeniería de software; revisión sistemática de la literatura.

A systematic literature review focused on the use of gamification in software engineering teamworks

Abstract: Nowadays, the gamification has been applied beyond of traditional games that we know, an example is their application in topics in software engineering education, where it supports the learning and the accomplishment of activities in projects. However, there is very few evidence of its implementation to improve the integration of team work members, where there are several factors involved in their performance. One of the most important factor is the collaborative work,

fundamental skill that every software engineer should have. Based on the above mentioned, the adequate integration of a teamwork influences its performance. Therefore, the skills, knowledge and interactive style for each member it should be complemented, in order to get a high effective team. This study presents results of a systematic literature review focused in gamification uses to create a team, reducing its integration time and therefore, improve its performance.

Keywords: Gamification; teamwork; collaborative work; gamification elements; software engineering; systematic literature review.

1. Introducción

En los últimos años las técnicas de gamificación han sido aplicadas más allá del dominio de los juegos tradicionales que conocemos, tal es el caso en el área de la educación, salud, mercadotecnia e ingeniería de software (Estacio et al., 2014; Jurado, Fernandez, & Collazos, 2015).

Dentro de la ingeniería de software se han originado oportunidades para utilizar la gamificación en el desarrollo de productos, así como en la mejora de procesos de software (E. Hernández, Colomo Palacios, & de Amescua Seco, 2010; Osborne O'Hagan, Coleman, & O'Connor, 2014). De hecho, de acuerdo a la investigación de M2 Advisory Group (M2 Research, 2016), se estima que en el año 2016 el tamaño del mercado con respecto al uso de gamificación logrará más de 2.8 millones de dólares, tan sólo en Estados Unidos.

En este contexto, no se sabe con exactitud si existen técnicas para crear un equipo de trabajo utilizando técnicas de gamificación, aunque se puede lograr la identificación de perfiles de los miembros del equipo de desarrollo mediante su uso (Jurado et al., 2015; Vasconcelos et al., 2017).

Este estudio tiene como objetivo identificar los elementos de gamificación que actualmente están siendo aplicados en equipos de trabajo, principalmente en el área de ingeniería de software. Para esto, se presenta una Revisión Sistemática de la Literatura (RSL) para identificar cuáles son las técnicas de gamificación aplicadas en el trabajo en equipo, la identificación de perfiles de trabajo y la mejora de su rendimiento en la ingeniería de software. Los resultados de la RSL serán de apoyo para la creación de equipos de trabajo altamente efectivos.

El estudio está organizado de la siguiente forma: en la sección 2 se describen los antecedentes que fueron utilizados para llevar a cabo este artículo. La Sección 3 presenta los trabajos relacionados con este estudio. La Sección 4 describe el protocolo usado en la RSL. En la sección 5 se presenta el análisis de los resultados de la RSL. Finalmente, la sección 6 presenta la conclusión y trabajo futuro.

2. Antecedentes

El término de gamificación se refiere, de manera general, a la aplicación de elementos de juego en contexto que no son de juego, mejorando la experiencia y compromiso de los participantes (Korn, Funk, & Schmidt, 2015b).

La aplicación de gamificación en entornos de educación, específicamente en el área de ingeniería de software (Berkling, 2016) es considerada como una herramienta viable, porque permite animar a los estudiantes a participar e interactuar efectivamente en proyectos realizados en el salón de clases (Akpola & Slany, 2014). También ha logrado la satisfacción de los estudiantes durante su participación (Iosup & Epema, 2014) ocasionando que disfruten el aprendizaje y de esta forma se conviertan en estudiantes más competitivos (Lynch et al., 2011). Asimismo se ha encontrado un artículo que hace uso de gamificación con realidad virtual para promover y mejorar el trabajo en equipo (Gasca-Hurtado, Peña, Gómez-Álvarez, Plascencia-Osuna, & Calvo-Manzano, 2015).

Por otro lado, en el entorno industrial se han presentado iniciativas para mejorar las interacciones sociales (Stanculescu, Bozzon, Sips, & Houben, 2016) y mejorar la comunicación del conocimiento de los trabajadores (Jurado et al., 2015), por mencionar algunos ejemplos: 1) una aplicación web, 2) una plataforma de preguntas y respuestas, y 3) un centro de noticias.

En la ingeniería de software el trabajo es realizado en equipos, por lo tanto, dentro del conjunto de soft skills deseadas por parte de un ingeniero de software la capacidad para trabajar en equipo es esencial (J. Chen, Qiu, Yuan, Zhang, & Lu, 2011). Así como otras habilidades catalogadas tanto para los líderes como miembros de un equipo, por mencionar algunas de las más importantes: 1) liderazgo, 2) habilidad de comunicación, 3) analítico y 4) habilidad para la resolución de problemas (Matturro, Raschetti, & Fontán, 2015).

Al día de hoy se pueden encontrar propuestas para mejorar las áreas de desarrollo de software, en (Kosa & Yilmaz, 2010) muestran una serie de juegos que pueden ser usados para mejorar los procesos de desarrollo de software, por ejemplo: un juego de cartas para cursos de ingeniería de software, un video juego enfocado en temas de seguridad o un juego para mejorar la habilidad en la toma de decisiones. Por otro lado, la tarea de realizar revisiones de código es tan importante como la propia codificación, esta iniciativa es presentada en (Unkelos-Shpigel & Hadar, 2015), donde se propone aplicar gamificación a dicha actividad para ser realizada con un fuerte compromiso por parte de los inspectores de código.

3. Trabajos relacionados

Para el desarrollo de este estudio se han identificado cuatro trabajos relacionados, debido a la aportación de conocimiento relevante referente a los temas de gamificación y equipos de trabajo. Estos estudios permiten ampliar y conocer el estado de los temas hasta el momento y desde otro punto de vista. A continuación, en la Tabla 1 se describen los estudios.

Estudio	Propuesta	Contexto	Objetivo	Justificación
(Guenaga, Eguiluz, Rayon, Nunez, & Quevedo, 2014)	Juego serio para evaluar competencias del equipo	Negocios	Demostrar las consecuencias en la toma de decisiones para mejorar la comunicación entre los miembros del equipo	Evalúa el trabajo en equipo con un juego serio apoyado con los elementos de gamificación, por lo que aporta información relevante para conocer cómo impactan los elementos de gamificación en el equipo
(E. Hernández et al., 2010)	Plataforma web para incrementar la motivación en los proyectos de software	Mejora de procesos de software en el desarrollo	Incrementar la motivación de los miembros del equipo para participar en la mejora de procesos de software	Enfoca los equipos de trabajo en el área de la mejora de procesos para el desarrollo de software, aportando información clave en base al desempeño del equipo con respecto al uso de una plataforma web con apoyo de los elementos de gamificación
(Latulipe, Long, & Seminario, 2015)	Enfoque para ayudar a las clases de ciencias computacionales a ser más sociales y efectivas	Educación en el área de ciencias de la computación	Formar equipos ligeros para mejorar el aprendizaje de los estudiantes en cursos de programación	Enfoca el trabajo de equipo en el área académica para aprovechar los beneficios del aprendizaje basado en equipo y eliminar el estrés asociado con los riesgos en el desarrollo de proyectos
(Dutra, Prikladnicki, & Franca, 2015)	Identificación de características que influyen positivamente y negativamente en el desempeño de un equipo de trabajo	Equipos en la ingeniería de software	Entender cuáles son los contextos y las condiciones en las cuales los equipos en la ingeniería de software trabajan	Aporta un panorama general acerca de factores a tener en cuenta en un equipo en el área de la ingeniería de software, y de esta manera se pueda convertir en un equipo de alto desempeño
(Knutas, Ikonen, Nikula, & Porras, 2014)	Organizar un modelo de gamificación en torno a la colaboración de los estudiantes	Educación en el área de ciencias de la computación	Mejorar la comunicación de los estudiantes por medio de un modelo de gamificación	Analiza como los elementos de gamificación pueden incrementar la comunicación en los equipos académicos
(Poy-Castro, Mendaña-Cuervo, & González, 2015)	Crear un juego serio para fomentar las habilidades de trabajo en equipo en los estudiantes universitarios	Estudiantes del grado en Educación Infantil	Poner a los estudiantes en una situación de estrés que origine la necesidad de trabajo en equipo para resolver el problema	Demuestra como el desarrollo de un juego serio motiva a los estudiantes para participar en actividades colaborativas y de esta manera fomentar el trabajo en equipo gracias a la motivación que proporciona un juego serio

Tabla 1 – Trabajos Relacionados

4. Método de investigación

Este artículo es una versión extendida del trabajo publicado en (L. Hernández, Muñoz, Mejía, & Peña, 2016), el cual se desarrolló en base al protocolo formal de investigación de la revisión sistemática de la literatura (RSL), propuesto por B. Kitchenham (Kitchenham & Charters, 2007), el cual se aborda abordando las fases de: 1) Planificación de la revisión, 2) Ejecución de la revisión y 3) Reporte de resultados. En esta sección muestra parte de la extensión del trabajo previo.

4.1. Planificación de la Revisión

La primera fase consiste en la planificación de la RSL donde se tiene en cuenta los siguientes pasos: identificación de la necesidad de la RSL, especificación de las preguntas de investigación, creación de la cadena de búsqueda y finalmente la identificación de las fuentes de investigación, los pasos anteriores pueden ser consultados de forma completa en (L. Hernández et al., 2016). Las preguntas de investigación se describen a continuación en la Tabla 2.

ID	Pregunta	Objetivo
PI1	¿Qué elementos de gamificación han sido aplicados para la creación de equipos de trabajo y cuáles han sido más efectivos?	Identificar los elementos de gamificación que han sido empleados para la creación de un equipo de trabajo y determinar cuáles han logrado mejores resultados de su aplicación.
PI2	¿En cuáles entornos han sido aplicadas las técnicas de gamificación para la creación de equipos?	Descubrir los entornos donde han aplicados técnicas de gamificación para la creación y trabajo en equipo.
PI3	¿Cuáles elementos de gamificación han sido aplicadas para mejorar el trabajo en equipo?	Descubrir los elementos de gamificación que apoyan la mejora del trabajo en equipo.
PI4	¿Cuáles han sido las principales implementaciones o herramientas para aplicar los elementos de gamificación?	Identificar las implementaciones o herramientas que han sido empleadas para llevar a cabo de las técnicas de gamificación en los equipos de trabajo.
PI5	¿Cuáles son los objetivos a cumplir con el apoyo de los elementos de gamificación?	Reconocer los objetivos que persiguen los estudios mediante la aplicación de los elementos.

Tabla 2 – Preguntas de investigación

Para la creación de la cadena de búsqueda se identificaron las palabras clave basadas en las preguntas de investigación descritas en la Tabla 2 siendo: *gamification*, *team*, *teams*, *teamwork* y *software engineering*. Posteriormente se combinaron las palabras clave y mediante el uso de los operadores lógicos AND y OR, resultando en la siguiente cadena de búsqueda general: (*Gamification*) AND (*Team OR Teams OR Teamwork*) AND (*Software engineering*).

4.2. Ejecución de la revisión

Durante la segunda fase de la revisión la actividad principal es la recolección de estudios, el resultado es un conjunto de estudios primarios para la investigación. La aplicación de

la cadena de búsqueda se realizó durante en el periodo del 4 al 11 de mayo del año 2016 en cada una de las bibliotecas digitales.

La selección de Estudios Primarios (EP) fue realizada en cuatro pasos: 1) ejecución de la cadena de búsqueda para cada una de las bibliotecas digitales, 2) aplicación de criterios de inclusión y criterios de exclusión (ver Tabla 3), si el estudio estaba relacionado de manera indirecta se procedía a incluirlo para el siguiente paso; 3) lectura del título y resumen para identificación de estudios candidatos a ser elegidos como EP, en caso de ser necesario se realizó la lectura de la introducción y la conclusión; y 4) selección de EP para este artículo.

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Estudios donde el título contenga por lo menos dos palabras clave de la cadena de búsqueda, principalmente Gamificación.	Estudios donde el título no contenga las palabras clave de la cadena de búsqueda.
Estudios donde el resumen presente una relación con la aplicación de técnicas o elementos de gamificación en equipos de trabajo.	Estudios donde el resumen no esté relacionado con la aplicación de técnicas de gamificación.
Estudios con el contexto principal enfocado en ingeniería de software o trabajo en equipo.	Estudios que no aborden el tema de equipos de trabajo.
Estudios que estén escritos en inglés.	Estudios que no estén en inglés.
Estudios publicados entre los años: 2010 – 2016.	Estudios publicados antes del año 2010.
	Estudios duplicados.

Tabla 3 – Criterios de inclusión y exclusión

Durante el seguimiento de los pasos se obtuvieron los siguientes resultados: de un total de 2,214 existieron cuatro estudios duplicados y finalmente se obtuvieron 31 EP, en la Tabla 4 se detalla el resumen del proceso de selección.

Pasos	ACM DL	IEEE Eplore	Springer Link	Total
Paso 1 – Ejecución de la cadena de búsqueda	132	1761	321	2214
Paso 2 – Aplicación de Criterios de inclusión y exclusión	26	36	8	80
Paso 3 – Lectura Título y Resumen	17	12	2	32
Paso 4 – Selección de estudios primarios.	17	12	1	31

Tabla 4 – Proceso de selección de EP

Finalmente se aplicaron un conjunto de preguntas con el objetivo de evaluar la calidad (AC) en los estudios seleccionados: AC1) ¿El estudio se enfoca en la aplicación de técnicas de gamificación en equipos de trabajo?, AC2) ¿El estudio aborda la relación

entre el trabajo en equipo y su rendimiento? Y AC3 ¿El estudio aborda la relación entre los elementos de gamificación y el rendimiento del equipo?

La evaluación de los criterios para el aseguramiento de la calidad de los EP se llevó a cabo seleccionando aquellos estudios que por lo menos cumplieran con una de las preguntas del AC.

El resumen de los EP seleccionados para este estudio se detalla en la Tabla 5, donde se especifica un identificador (ID), su Referencia y el cumplimiento en base a los criterios para el aseguramiento de la calidad que fueron contemplados en los EP. Donde se calificaron de la siguiente forma: 1) ● estudio que cumplió completamente el criterio (100%), 2) ● estudio que cumplió de forma parcial el criterio (50%), 3) ● estudio que cumplió de forma eventual el criterio (25%) y 4) estudio que no cumplió el criterio (0%).

ID	Referencia	AC1	AC2	AC3	ID	Referencia	AC1	AC2	AC3
EP1	(Jurado et al., 2015)	●	●	○	EP17	(Iosup & Epema, 2014)	●	●	○
EP2	(Estacio et al., 2014)	●	○	○	EP18	(Lynch et al., 2011)	○	●	○
EP3	(E. Hernández et al., 2010)	●	●	○	EP19	(Matturro et al., 2015)	○	●	○
EP4	(Osborne O'Hagan et al., 2014)	●	○	○	EP20	(Kosa & Yilmaz, 2010)	●	○	○
EP5	(Latulipe et al., 2015)	●	●	●	EP21	(Unkelos-Shpigel & Hadar, 2015)	●	○	●
EP6	(Dubois & Tamburrelli, 2013)	●	○	○	EP22	(Guenaga et al., 2014)	●	●	●
EP7	(Stanculescu et al., 2016)	●	○	○	EP23	(Dorling & McCaffery, 2012)	●	○	○
EP8	(Korn, Funk, & Schmidt, 2015a)	●	○	○	EP24	(H. Gaynor, 2015)	○	●	○
EP9	(Bartel, Figas, & Hagel, 2015)	●	○	○	EP25	(P. C. Chen, Chern, & Chen, 2012)	○	●	○
EP10	(Korn et al., 2015b)	●	○	○	EP26	(Bei, 2013)	○	●	○
EP11	(Dutra et al., 2015)	○	●	○	EP27	(De O. Melo, Santana, & Kon, 2012)	○	●	○
EP12	(J. Chen et al., 2011)	○	●	○	EP28	(Jovanovic, Mesquida, & Antònia, 2010)	●	○	●
EP13	(Teh, Baniassad, Van Rooy, & Boughton, 2012)	○	●	○	EP29	(Knutas, Ikonen, Maggiorini, Ripamonti, & Porras, 2014)	●	●	○
EP14	(Knutas, Ikonen, Nikula, et al., 2014)	●	●	○	EP30	(O'Donovan, Gain, & Marais, 2013)	●	●	○
EP15	(Berkling, 2016)	●	●	●	EP31	(Buisman & van Eekelen, 2014)	●	●	●
EP16	(Akpola & Slany, 2014)	●	●	●	-	-	-	-	-

Tabla 5 – Lista de Estudios Primarios

5. Resultados de la Revisión Sistemática

En esta sección se muestran los resultados obtenidos de la RSL, los cuales permiten conocer el panorama de los elementos de gamificación aplicados en equipos de trabajo. Los hallazgos se dividen en las seis subsecciones: PI1, PI2, PI3, PI4, PI5 y resultados adicionales.

5.1. PI1: ¿Cuáles elementos de gamificación han sido aplicados para la creación de equipos de trabajo y cuáles han sido más efectivos?

De los EP elegidos se identificaron los principales elementos de gamificación que han sido empleados, los principales elementos se presentan en la Figura 1, la tabla de posiciones (Leaderboard en inglés) ocupa el primer lugar de aplicación y ha demostrado en (Stanculescu et al., 2016) ser un elemento útil para mejorar la participación, por otro lado, en (Latulipe et al., 2015) lograron una influencia positiva en los estudiantes obteniendo como resultado. En segundo lugar, el sistema de puntos (Points systems o Points en inglés) logró resultados positivos, por ejemplo, en (Buisman & van Eekelen, 2014) incrementaron la participación, el compromiso y la motivación de los estudiantes. Dentro de los estudios (Latulipe et al., 2015; Stanculescu et al., 2016) las insignias (Badges en inglés) demostraron resultados positivos en combinación con la tabla de posiciones, ocupando la tercera posición.

La Figura 2, presenta el uso de elementos con menor frecuencia en los EP, sin embargo, a pesar de ser poco usuales han demostrado también ser de apoyo en combinación de otros elementos.

De manera general, la combinación de dos o más elementos de gamificación puede originar buenos resultados. Sin embargo, el éxito del resultado esperado está sujeto al entorno de la aplicación.

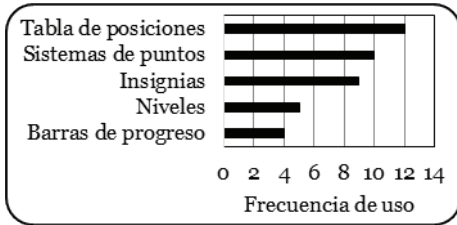


Figura 1 – Distribución de los elementos de gamificación de mayor frecuencia de uso

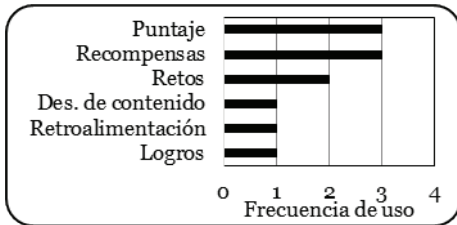


Figura 2 – Distribución de los elementos de gamificación de menor frecuencia de uso

Es importante resaltar que la evidencia apunta sólo a los elementos que apoyan el trabajo colaborativo y el cumplimiento de las actividades asignadas, pero aún no han sido aplicados para la creación de un equipo o para determinar perfiles de trabajo.

5.2. PI2: ¿En cuáles entornos han sido aplicadas las técnicas de gamificación para la creación de equipos?

Los resultados de la distribución de los EP fueron catalogados en tres principales entornos detallados en la Figura.3: 1) académico, aquellos que están relacionados con investigaciones teóricas 2) educación, aquellas investigaciones aplicadas en el aprendizaje o casos de estudio y 3) industria, aquellos que están relacionados a investigaciones en negocios.

Se observa como los estudios académicos son los que más han explorado los temas de gamificación y equipos, por otro lado, los estudios se han enfocado más en estudiar entornos de educación que entornos de la industria. Los estudios fueron subcategorizados a partir de los entornos mencionados en la Figura4 para identificar los principales temas explorados en cada entorno.

La Figura 4 presenta los temas dentro del marco académico, se observa que las principales investigaciones son realizadas en temas de equipos (Bei, 2013; P. C. Chen et al., 2012; H. Gaynor, 2015) y gamificación (De O. Melo et al., 2012; Jovanovic et al., 2010), seguido por temas de desarrollo enfocados en el área de la ingeniería de software, identificando una baja presencia de estudios enfocados en la industria para las investigaciones académicas, identificado sólo en (De O. Melo et al., 2012).

La Figura 5 muestra la distribución de los EP enfocados en la educación, los principales EP llevan a cabo la creación de un curso para el apoyo al aprendizaje de los estudiantes, ya sea por medio de la aplicación de técnicas en un curso tradicional (Buisman & van

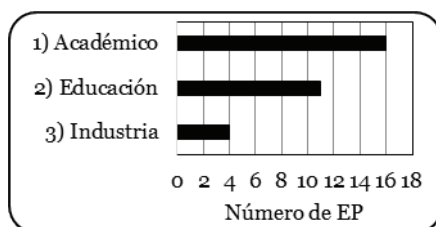


Figura 3 – Distribución de EP por entorno

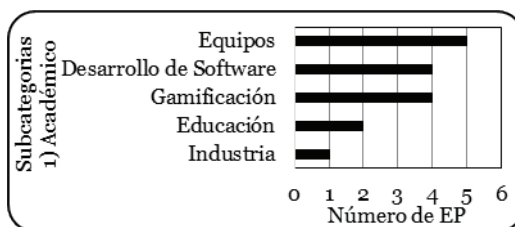


Figura 4 – Distribución de investigaciones académicas

Eekelen, 2014; Knutas, Ikonen, Maggiorini, et al., 2014) o con el apoyo de un Learning Management System (LMS) (O'Donovan et al., 2013). Por otro lado, existe un estudio enfocado en la evaluación del trabajo en equipo por medio de un juego serio presentado en (Guenaga et al., 2014).

Finalmente, en la Figura 6 se muestra la distribución de los EP en el entorno de la industrial, los cuales se categorizaron en base a su aplicación. En el área de producción se encuentran 2 estudios (Korn et al., 2015a, 2015b); en la aplicación de negocios (Stanculescu et al., 2016) y el desarrollo de software (Jurado et al., 2015) sólo un estudio.

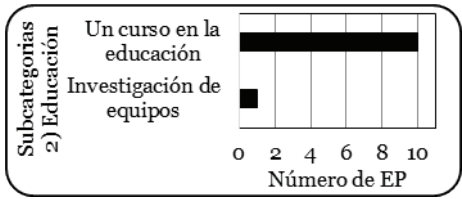


Figura 5 – Distribución de investigaciones educativas

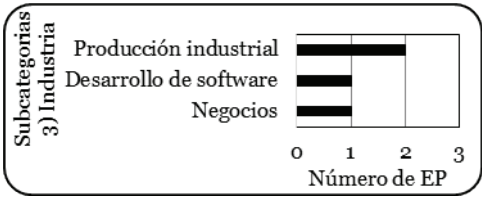


Figura 6 – Distribución de investigaciones en la industria

Respondiendo a la PI2, encontramos que los tres entornos: académico, educación e industria han aplicado elementos de gamificación. Desde una perspectiva similar a la PI1 sólo han sido enfocados en apoyar el cumplimiento de las tareas, por lo que la creación de un equipo de trabajo aun no es abordada en los entornos identificados en este estudio.

Sin embargo, en base a (Jurado et al., 2015), contemplado dentro del entorno industrial, se puede responder indirectamente a la PI2, porque lograron identificar a los miembros de un equipo con ciertas capacidades deseadas para mejorar la comunicación de su conocimiento. También dentro de los EP Chen et al. en (J. Chen et al., 2011) hacen mención a la creación de equipos de estudiantes, donde aplican un método combinado entre: 1) dejar que los estudiantes creen sus propios equipos, 2) crear equipos en base a su desempeño académico previo y 3) crear los equipos de manera aleatoria.

5.3. PI3: ¿Cuáles elementos de gamificación han sido aplicados para mejorar el trabajo en equipo?

Como respuesta a la PI3 se consideran los elementos descritos en la Figura 1, debido a que han sido aplicados para mejorar el rendimiento de los equipos de trabajo, aunque

en algunos casos sólo se han logrado mejoras mínimas, demuestran gran potencial para incrementar el rendimiento de los equipos.

5.4. PI4: ¿Cuáles han sido las principales implementaciones o herramientas para aplicar los elementos de gamificación?

Respondiendo a la PI4, se muestra en la Figura 7 las principales Implementaciones y Herramientas de Apoyo (IHA), que han sido utilizadas en los estudios con el fin de aplicar los elementos de la gamificación. De acuerdo a los resultados, se han identificado ocho implementaciones y herramientas, distribuidas en las siguientes categorías: el uso de una plataforma web (E. Hernández et al., 2010; Jurado et al., 2015; Knutas, Ikonen, Nikula, et al., 2014; Stanculescu et al., 2016), utilizada en cuatro estudios, los cuales han sido aplicados en sólo un estudio cada uno; método propio (Knutas, Ikonen, Maggiorini, et al., 2014; Korn et al., 2015a, 2015b) y salón de clases, con tres estudios cada uno; Desarrollo de Software (Akpolat & Slany, 2014; Unkelos-Shpigel & Hadar, 2015) y una plataforma web tipo Learning Manage System (LMS) (Latulipe et al., 2015; O'Donovan et al., 2013), con dos implementaciones en los estudios; y finalmente, investigación (Bartel et al., 2015), juego serio (Guenaga et al., 2014) y participación en la mejora de procesos de software (MPS) (Dorling & McCaffery, 2012).

A continuación se describe cómo se realizó la categorización de cada uno de los estudios: plataforma web (IH1) – estudios que implementan los elementos de gamificación mediante el apoyo de una plataforma web, ya sea una existente o creada por los autores; salón de Clases (IH2) – estudios donde los elementos han sido aplicados, principalmente, en el área de la educación de la ingeniería de software; método propio (IH3) – estudios donde el o los autores describen sus propuestas en base a un nuevo método de aplicación, plataforma Web LMS (IH4) – estudios que usan un LMS para aplicar los elementos, principalmente estos estudios se enfocan en áreas de la educación; desarrollo de Software (IH5) – estudios donde se aplican los elementos en las tareas de desarrollo, participación en la MPS (IH6) – estudios que usan elementos para fomentar esta actividad, juegos serios (IH7) – estudios donde se apoyan de un juego serio para aplicar los elementos, y finalmente investigación (IH8) – estudios donde se ha propuesto de forma teórica el uso de los elementos.

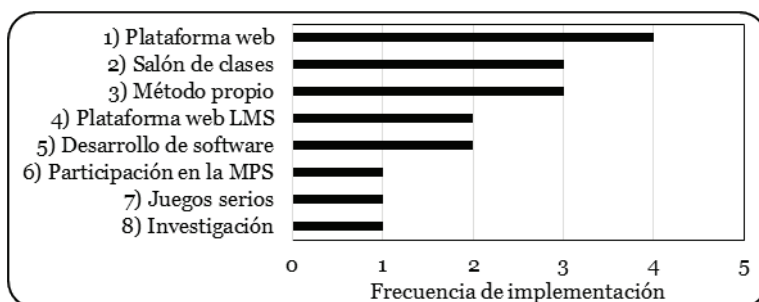


Figura 7 – Implementación y Herramientas de Apoyo.

Cómo se observa, la categoría plataforma Web ha sido una de las opciones más frecuentes en los estudios para aplicar los elementos de gamificación, seguido de la categoría salón de clases también han sido utilizados los elementos, y de la categoría método propio.

Dentro de la categoría plataforma web, el estudio (Osborne O'Hagan et al., 2014), presenta los elementos de gamificación en una plataforma web para la mejora de procesos de software en las organizaciones, por parte de los equipos de trabajo. Durante su experimento apreciaron que los participantes fueron motivados para participar en la mejora en los procesos de software e incluso mejoraron su rendimiento en las actividades asignadas. Sin embargo, entre los resultados más importantes notaron la ausencia de relajación o diversión mientras los participantes interactuaban con la plataforma.

En la categoría desarrollo de Software, el estudio (Akpolat & Slany, 2014), presenta cómo la gamificación fue vista como una herramienta viable, porque permitió animar a los estudiantes a participar en los cursos de programación. Sin embargo, un descubrimiento importante en este estudio es la interpretación de la gamificación, nuevamente, como un arma de doble filo, ya que, si la gamificación pierde los aspectos positivos de sus objetivos, esto claramente impactaran de forma negativa en la motivación de los estudiantes. Por lo tanto, se debe tener cuidado en la forma de aplicar las técnicas de gamificación, con el fin de evitar resultados negativos que afecten el público objetivo.

5.5. PI5: ¿Cuáles son los objetivos a cumplir con el apoyo de los elementos de gamificación?

Dentro de esta sección se han clasificado los estudios de acuerdo al Objetivo a Cumplir (OC) que persiguen, la Figura 8 muestra el resumen de los objetivos abordados en los estudios. Se han identificado las siguientes categorías: mejorar las habilidades o conocimiento de los estudiantes (OC1) se abordó en seis estudios, (Buisman & van Eekelen, 2014; Dubois & Tamburrelli, 2013; Iosup & Epema, 2014; Knutas, Ikonen, Maggiorini, et al., 2014; Knutas, Ikonen, Nikula, et al., 2014), aplicar gamificación (OC2), se ha llevado a cabo como objetivo en cuatro estudios (Akpolat & Slany, 2014; Bartel et al., 2015; Korn et al., 2015a, 2015b); mejorar la interacción social (OC3) se ha mencionado en dos estudios (Jurado et al., 2015; Stanculescu et al., 2016); y revisar código (OC4) (Unkelos-Shpigel & Hadar, 2015), participar en la mejora de procesos de software (OC5) (Dorling & McCaffery, 2012), motivar a los miembros del equipo (OC6) (E. Hernández et al., 2010), formar equipos de trabajo (OC7) (Latulipe et al., 2015), explicar consecuencias en la toma de decisiones (OC8) (Guenaga et al., 2014), se han mostrado en un sólo estudio cada uno.

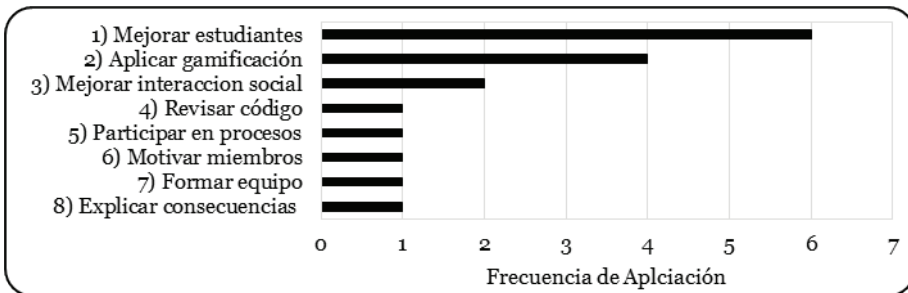


Figura 8 – Objetivos a Cumplir con el Apoyo de Elementos de Gamificación

Respondiendo a la PI5, los resultados indican que el principal objetivo a cumplir en los estudios ha sido la categoría mejorar las habilidades o conocimientos de los estudiantes, debido a que la mayor parte de los estudios está enfocada en el área de la educación. Uno de los trabajos importantes, para el análisis, dentro de esta categoría fue (Latulipe et al., 2015), debido a que uno de sus objetivos establecidos era la formación de un equipo. Sin embargo, aunque obtuvieron los mismos resultados con y sin la aplicación de los elementos de gamificación, los estudiantes crearon más amigos durante el curso, cumpliendo uno de los propuestos en su estudio.

Por otro lado, el estudio (Jurado et al., 2015) es de relevancia para la investigación, porque uno de sus objetivos se enfoca en mejorar la interacción social de los integrantes del equipo para compartir su conocimiento. Sus conclusiones reflejan buenos resultados de la aplicación de los elementos de gamificación, debido a que no sólo se mejoró compartir el conocimiento, sino además se fortalecieron tres aspectos claves para el trabajo en equipo, que son: la participación, la colaboración y la contribución.

5.6. Resultados generales

A continuación, se presentan los resultados generales de la RSL categorizando los estudios por: ubicación geográfica y año de publicación. En la Figura 9 se detalla la distribución de estudios por su ubicación geográfica. Donde se pueden notar cuatro grupos principales por la cantidad de estudios encontrados: Grupo A formado por: Alemania y Estados Unidos (EE. UU.) con cuatro publicaciones, Grupo B formado por: Brasil, España y Países Bajos (NL) con tres publicaciones; Grupo C formado por: China, Finlandia e Irlanda con dos publicaciones; y finalmente el Grupo D formado por: Australia, Austria, Colombia, Israel, Sudáfrica, Taiwán, Turquía y Uruguay con una publicación.

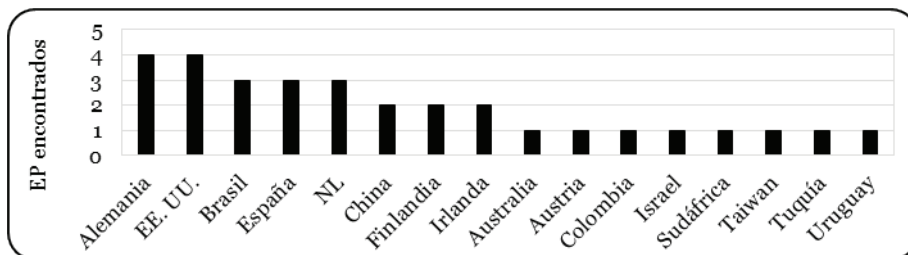


Figura 9 – Distribución de EP por ubicación geográfica

En la Figura 10 se presenta la distribución de EP por año de publicación, se observa que desde los años 2010 – 2013 comenzó débilmente la investigación en temas de gamificación y de trabajo en equipo. Sin embargo, durante los años 2014 – 2015 los temas fueron investigados con más frecuencia, demostrando una oportunidad para explorar en diferentes áreas, en este caso para la ingeniería de software.

Dentro del área de la ingeniería de software los elementos de gamificación han sido aplicados en los equipos de trabajo en equipo, principalmente en el entorno educativo, donde se han implementado para equilibrar el conocimiento entre los integrantes, mejorar

su comunicación, concluir actividades en tiempo y resolver problemas relacionados con el desarrollo de software. Por otro lado, la gamificación apoya el desempeño personal de los estudiantes por medio de la motivación para: retener información, participar en clases o adquirir nuevos conocimientos, debido a que disfrutan el aprendizaje.

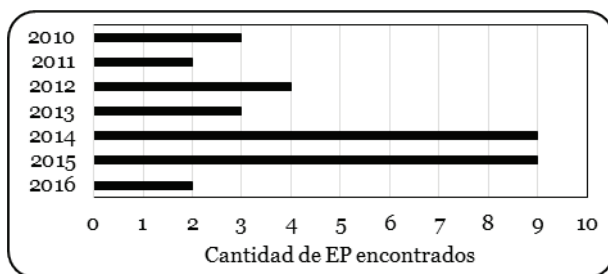


Figura 10 – Distribución de EP por año de publicación

6. Conclusiones y trabajo futuro

En el caso de la ingeniería de software, en particular en el entorno industrial en los equipos de desarrollo de software, apenas se está comenzando a explorar la aplicación de la gamificación, debido a la popularidad del tema en los últimos años.

Como resultado de la RSL se ha identificado una carencia del uso de la gamificación para crear un equipo de trabajo, siendo la principal aplicación de gamificación en el cumplimiento de las actividades. Además, se ha logrado la identificación de los elementos de gamificación, los principales factores a tener en cuenta para su implementación y los entornos de aplicación y sus objetivos.

Referente a los elementos de gamificación, se ha identificado que los elementos con mayor frecuencia en su aplicación son: 1) tabla de posiciones, 2) sistemas de puntos, 3) insignias, 4) niveles y 5) barras de progreso.

Con respecto a los factores principales a tener en cuenta para la elección de los elementos adecuados, para implementar la gamificación de acuerdo a los objetivos que se pretendan alcanzar, se han identificado 3 factores: 1) el entorno donde se implementarán, 2) la forma de ser aplicados y 3) el público objetivo.

Es importante mencionar, que se puede aplicar desde un sólo elemento hasta los que sean necesarios para cubrir el o los objetivos propuestos, teniendo en cuenta que el éxito de su implementación está fuertemente relacionado con los tres factores mencionados.

En relación a los entornos de aplicación de los elementos de gamificación, estos se han aplicado principalmente en dos entornos, el entorno de la educación y el entorno industrial. Además, se ha identificado que en ambos entornos la principal herramienta de apoyo para utilizar los elementos de gamificación ha sido una plataforma web.

En el entorno de la educación se ha hecho uso de los elementos para apoyar el trabajo en equipo en los cursos de ingeniería de software abordando puntos clave, por ejemplo: 1) incrementar la colaboración, 2) mejorar la comunicación, 3) participar e interactuar efectivamente, 4) incrementar la actividad social en clases, 5) cumplir con las actividades del curso y 6) incentivar el trabajo en equipo. En este contexto se han aplicado los elementos de gamificación para mejorar el rendimiento académico de los estudiantes.

En el entorno industrial, se encontraron pocos estudios en relación al tema de gamificación y trabajo en equipo, en los cuales la aplicación de los elementos tiene diferentes objetivos como: 1) cumplir las actividades asignadas, 2) crear, refinar y compartir el conocimiento para el aprendizaje, 3) mejorar la participación, colaboración y contribución de los trabajadores en el desarrollo de software y 4) incrementar el comportamiento de la interacción social de los trabajadores.

La aplicación de los elementos de gamificación puede variar dependiendo de las metas establecidas. Sin embargo, se puede emplear desde uno hasta los elementos que sean necesarios para cumplir las necesidades, demostrando que la combinación de dos o más elementos puede lograr los resultados esperados, siempre y cuando se tengan en cuenta los 3 factores previamente mencionados. De la misma forma, el uso de las herramientas de apoyo puede variar dependiendo de los elementos utilizados.

Finalmente, los elementos de gamificación pueden ser aplicados en los equipos para: 1) mejorar las competencias o habilidades de sus integrantes durante el desarrollo de un proyecto de software; 2) identificar modelos de personalidades y de esta forma ser aplicados para obtener la combinación más eficaz para integrar un equipo de trabajo; y 3) motivar a los integrantes de un equipo para cumplir los objetivos de su trabajo, con la motivación adecuada en actividades de colaboración o comunicación incluso se podría mejorar el nivel de cohesión del equipo.

Como trabajo futuro, se están desarrollando ambientes enfocados en la adecuada creación de equipos mediante la combinación de sus habilidades, conocimientos y estilos interactivos, con el objetivo de reducir el tiempo de integración entre los miembros del equipo, y de esta manera lograr un equipo altamente efectivo.

Referencias

- Akpolat, B. S., & Slany, W. (2014). Enhancing software engineering student team engagement in a high-intensity extreme programming course using gamification. 2014 IEEE 27th Conference on Software Engineering Education and Training, CSEE and T 2014 - Proceedings, 149–153. <https://doi.org/10.1109/CSEET.2014.6816792>
- Bartel, A., Figas, P., & Hagel, G. (2015). Towards a Competency-based Education with Gamification Design Elements. Proceedings of the 2015 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play - CHI PLAY '15, 457–462. <https://doi.org/10.1145/2793107.2810325>
- Bei, J. L. (2013). The selection of incentive team-based reward model. International Conference on Management Science and Engineering - Annual Conference Proceedings, 987–992. <https://doi.org/10.1109/ICMSE.2013.6586398>

- Berkling, K. (2016). Gamification Behind the Scenes Designing a Software Engineering Course. Designing Games for Improving the Software Development Process. In Communications in Computer and Information Science (Vol. 583, pp. 274–292). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-29585-5>
- Buisman, A. L. D., & van Eekelen, M. C. J. D. (2014). Gamification in educational software development. Proceedings of the Computer Science Education Research Conference on - CSERC '14, VV, 9–20. <https://doi.org/10.1145/2691352.2691353>
- Chen, J., Qiu, G., Yuan, L., Zhang, L., & Lu, G. (2011). Assessing Teamwork Performance in Software Engineering Education: A Case in a Software Engineering Undergraduate Course. 2011 18th Asia-Pacific Software Engineering Conference, 17–24. <https://doi.org/10.1109/APSEC.2011.50>
- Chen, P. C., Chern, C. C., & Chen, C. Y. (2012). Software project team characteristics and team performance: Team motivation as a moderator. Proceedings - Asia-Pacific Software Engineering Conference, APSEC, 1, 565–570. <https://doi.org/10.1109/APSEC.2012.152>
- De O. Melo, C., Santana, C., & Kon, F. (2012). Developers motivation in agile teams. Proceedings - 38th EUROMICRO Conference on Software Engineering and Advanced Applications, SEAA 2012, 376–383. <https://doi.org/10.1109/SEAA.2012.45>
- Dorling, A., & McCaffery, F. (2012). The gamification of SPICE. Communications in Computer and Information Science, 290 CCIS, 295–301. https://doi.org/10.1007/978-3-642-30439-2_35
- Dubois, D. J., & Tamburrelli, G. (2013). Understanding gamification mechanisms for software development. Proceedings of the 2013 9th Joint Meeting on Foundations of Software Engineering, 659. <https://doi.org/10.1145/2491411.2494589>
- Dutra, A. C. S., Prikladnicki, R., & Franca, C. (2015). What Do We Know about High Performance Teams in Software Engineering? Results from a Systematic Literature Review. 2015 41st Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications, 183–190. <https://doi.org/10.1109/SEAA.2015.24>
- Estacio, B., Prikladnicki, R., Mora, M., Notari, G., Caroli, P., & Olchik, A. (2014). Software kaizen: Using agile to form high-performance software development teams. Proceedings - 2014 Agile Conference, AGILE 2014, 1–10. <https://doi.org/10.1109/AGILE.2014.10>
- Gasca-Hurtado, G. P., Peña, A., Gómez-Álvarez, M. C., Plascencia-Osuna, Ó. A., & Calvo-Manzano, J. A. (2015). Realidad virtual como buena práctica para trabajo en equipo con estudiantes de ingeniería. RISTI - Revista Iberica de Sistemas E Tecnologias de Informacao, 2015(16), 76–91. <https://doi.org/10.17013/risti.16.76-91>
- Guenaga, M., Eguiluz, A., Rayon, A., Nunez, A., & Quevedo, E. (2014). A serious game to develop and assess teamwork competency. 2014 International Symposium on Computers in Education, SIIE 2014, 183–188. <https://doi.org/10.1109/SIIE.2014.7017727>
- H. Gaynor, G. (2015). Identifying Team Members. IEEE Engineering Management Review, 43(4), 7–9. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1109/EMR.2015.7433677>

- Hernández, E., Colomo Palacios, R., & de Amescua Seco, A. (2010). Gamiware: A Gamification Platform for Software Process Improvement. *Communications in Computer and Information Science*, 99, 233–244. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-15666-3>
- Hernández, L., Muñoz, M., Mejia, J., & Peña, A. (2016). Gamificación en equipos de trabajo en la ingeniería de software : Una revisión sistemática de la literatura Gamification in software engineering teamworks : A systematic literature review. *International Conference on Software Process Improvement (CIMPS)*, 5, 1–8. <https://doi.org/10.1109/CIMPS.2016.7802799>
- Iosup, A., & Epema, D. (2014). An experience report on using gamification in technical higher education. *Proceedings of the 45th ACM Technical Symposium on Computer Science Education - SIGCSE '14*, (2008), 27–32. <https://doi.org/10.1145/2538862.2538899>
- Jovanovic, M., Mesquida, A.-L., & Antònia, M. (2010). Process Improvement with Retrospective Gaming in Agile Software Development. *Communications in Computer and Information Science*, 99, 233–244. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-15666-3>
- Jurado, J. L., Fernandez, A., & Collazos, A. C. (2015). Applying gamification in the context of knowledge management. *15th International Conference on Knowledge Technologies and Data-Driven Business*, 1, 10–13. <https://doi.org/10.1145/2809563.2809606>
- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). Guidelines for performing Systematic Literature reviews in Software Engineering. *Engineering*, 45(4ve), 1051. <https://doi.org/10.1145/1134285.1134500>
- Knutas, A., Ikonen, J., Maggiorini, D., Ripamonti, L., & Porras, J. (2014). Creating Software Engineering Student Interaction Profiles for Discovering Gamification Approaches to Improve Collaboration. *International Conference on Computer Systems and Technologies - CompSysTech'14*, 378–385. <https://doi.org/10.1145/2659532.2659612>
- Knutas, A., Ikonen, J., Nikula, U., & Porras, J. (2014). Increasing collaborative communications in a programming course with gamification. *Proceedings of the 15th International Conference on Computer Systems and Technologies - CompSysTech '14*, 883, 370–377. <https://doi.org/10.1145/2659532.2659620>
- Korn, O., Funk, M., & Schmidt, A. (2015a). Design approaches for the gamification of production environments. *Proceedings of the 8th ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments - PETRA '15*, 1–7. <https://doi.org/10.1145/2769493.2769549>
- Korn, O., Funk, M., & Schmidt, A. (2015b). Towards a Gamification of Industrial Production. *A Comparative Study in Sheltered Work Environments*, (JUNE), 84–93. <https://doi.org/10.1145/2774225.2774834>
- Kosa, M., & Yilmaz, M. (2010). Designing Games for Improving the Software Development Process. *Systems, Software and Services Process Improvement. Communications in Computer and Information Science*, 99, 233–244. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-15666-3>

- Latulipe, C., Long, N. B., & Seminario, C. E. (2015). Structuring Flipped Classes with Lightweight Teams and Gamification. *Proceedings of the 46th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 392–397. <https://doi.org/10.1145/2676723.2677240>
- Lynch, T. D., Herold, M., Bolinger, J., Deshpande, S., Bihari, T., Ramanathan, J., & Ramnath, R. (2011). An agile boot camp: Using a LEGO®-based active game to ground agile development principles. *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/FIE.2011.6142849>
- M2 Research. (2016). M2 Research - Gamification. Retrieved June 8, 2016, from <http://m2research.com/Gamification.htm>
- Matturro, G., Raschetti, F., & Fontán, C. (2015). Soft skills in software development teams: A survey of the points of view of team leaders and team members. *Proceedings - 8th International Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering, CHASE 2015*, 101–104. <https://doi.org/10.1109/CHASE.2015.30>
- O'Donovan, S., Gain, J., & Marais, P. (2013). A case study in the gamification of a university-level games development course. *Proceedings of the South African Institute for Computer Scientists and Information Technologists Conference on - SAICSIT '13*, 242–251. <https://doi.org/10.1145/2513456.2513469>
- Osborne O'Hagan, A., Coleman, G., & O'Connor, R. V. (2014). Software Development Processes for Games: A Systematic Literature Review, 425(June), 182–193. https://doi.org/10.1007/978-3-662-43896-1_16
- Poy-Castro, R., Mendaña-Cuervo, C., & González, B. (2015). Diseño y evaluación de un juego serio para la formación de estudiantes universitarios en habilidades de trabajo en equipo. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas E Tecnologías de Informação*, (E3), 71–83. <https://doi.org/10.17013/risti.e3.71-83>
- Stanculescu, L. C., Bozzon, A., Sips, R.-J., & Houben, G. (2016). Work and Play: An Experiment in Enterprise Gamification. *Proceedings of the 19th ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work & Social Computing - CSCW '16*, 345–357. <https://doi.org/10.1145/2818048.2820061>
- Teh, A., Baniassad, E., Van Rooy, D., & Boughton, C. (2012). Social psychology and software teams: Establishing task-effective group norms. *IEEE Software*, 29(4), 53–58. <https://doi.org/10.1109/MS.2011.157>
- Unkelos-Shpigel, N., & Hadar, I. (2015). Gamifying software engineering tasks based on cognitive principles: The case of code review. *Proceedings - 8th International Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering, CHASE 2015*, 119–120. <https://doi.org/10.1109/CHASE.2015.21>
- Vasconcelos, J. B., Kimble, C., Carreteiro, P., & Rocha, Á. (2017). The application of knowledge management to software evolution. *International Journal of Information Management*, 37(1), 1499–1506. <http://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2016.05.005>

Minería de procesos de software: una revisión de experiencias de aplicación

Brian Keith Norambuena¹, Vianca Vega Zepeda¹

brian.keith@ucn.cl, vvega@ucn.cl

¹ Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación, Universidad Católica del Norte, Angamos 0610, 1270709, Antofagasta, Chile.

DOI: 10.17013/risti.21.51–66

Resumen: La minería de procesos es un campo que utiliza elementos de la minería de datos y el modelamiento de procesos para realizar tareas de descubrimiento, evaluación de conformidad y mejora de procesos. El objetivo de este artículo es mostrar la aplicación y utilidad de la minería de procesos en la ingeniería de software. Se presenta una serie de casos de estudio que ilustran aplicaciones sobre el proceso y el producto. Además, se muestran los desafíos a los que se enfrenta la minería de procesos en la ingeniería de software. El principal resultado de esta investigación corresponde a que el uso de minería de procesos facilita la evaluación y auditoría de procesos de software. Se propone como trabajo futuro el desarrollo de una metodología para la aplicación de la minería de procesos en la ingeniería de software.

Palabras-clave: minería de procesos; desarrollo de software; evaluación de procesos; mejora de procesos.

Process mining applications in software engineering

Abstract: Process mining is a field that uses elements from data mining and business process modeling to do tasks such as process discovery, conformance checking, and process improvement. The objective of this paper is to show the importance and practical usefulness of applying process mining approaches in software engineering. It shows a series of case studies that illustrate possible applications in the process and the product. Also, the main current challenges in applying process mining in software engineering are described. The main result of this study is the fact that using process mining facilitates software process evaluation and auditing. The development of a methodology for applying process mining in software engineering is proposed as future work.

Keywords: process mining; software development; process assessment; process improvement.

1. Introducción

La minería de procesos es una disciplina relativamente joven que se encuentra entre el aprendizaje automático y la minería de datos, por una parte, y entre el modelamiento y

análisis de procesos, por otra. Su objetivo principal es realizar tareas de descubrimiento, revisión de conformidad y mejora de procesos. Específicamente, la minería de procesos busca automatizar estas tres tareas mediante la aplicación de técnicas de minería de datos especialmente diseñadas para tratar con datos de procesos (Van der Aalst et al. 2011; Van der Aalst, 2016).

Esta capacidad de analizar automáticamente un proceso y determinar dónde se producen las desviaciones puede ser utilizada por las organizaciones para realizar acciones correctivas sobre sus procesos. Esto corresponde a una estrategia de mejora de procesos, donde en función de la información obtenida se proponen las mejoras correspondientes (Van der Aalst, 2016).

Uno de los primeros trabajos realizados en minería de procesos corresponde al artículo de Cook y Wolf en el año 1998, quienes intentaron construir modelos de procesos de software a partir de los datos contenidos en registros de eventos (Cook & Wolf, 1998; Kimble et al., 2016). Desde el planteamiento original realizado por Cook y Wolf, la minería de procesos ha evolucionado y se ha convertido en un campo en sí misma, teniendo ahora aplicaciones que van más allá de la ingeniería de software.

Considerando que uno de los primeros trabajos de minería de procesos corresponde a una aplicación concreta en la ingeniería de software, es natural preguntarse qué otras aplicaciones se le ha dado a la minería de procesos en este campo desde entonces. La minería de procesos aplicada a la ingeniería de software busca en una primera instancia resolver el problema del monitoreo, control y mejora de los procesos de desarrollo, uno de los problemas críticos dentro del desarrollo de software (Samalikova, Kusters, Trienekens, Weijters, & Siemons, 2011). En general, se espera que una mejora en la calidad del proceso de desarrollo produzca una mejor calidad en el producto. Esto refuerza la utilidad que tiene el aplicar técnicas de minería de procesos en este campo, pues eventualmente permitiría desarrollar software de mejor calidad.

Otro aspecto relevante que se debe considerar, es que los procesos de software no suelen encontrarse explícitamente modelados, y los manuales que soportan el trabajo de desarrollo contienen guías y procedimientos abstractos. En consecuencia, hay una gran brecha entre el proceso “real” y el proceso “oficial” (Humphrey, 1995; Samalikova et al., 2011). Esta brecha puede ser medida mediante técnicas de minería de procesos, permitiendo esto corregir y mejorar el proceso.

Analizando lo anterior y bajo la perspectiva de que los procesos de software se pueden considerar como software en sí mismos (Osterweil, 1987), la aplicación de técnicas de minería de procesos a éstos se podría ver como el equivalente a la aplicación de métodos de testing automatizados en el desarrollo de software.

En función de la revisión sistemática realizada sobre los trabajos de minería de procesos en ingeniería de software, se observa que existen dos dimensiones principales de aplicación: en el proceso y en el producto. En la Tabla 1 se observan los detalles de las posibles aplicaciones.

La falta de un proceso bien definido y formalizado es un problema presente en múltiples organizaciones y en particular en las pequeñas y medianas empresas de desarrollo de software. La construcción de herramientas que apoyen la gestión de conocimiento de

Dimensión	Aplicación	Descripción	Ejemplo
<i>Proceso</i>	Evaluación y mejora de procesos	Enfoque tradicional de minería de procesos en los procesos de desarrollo de software.	Encontrar discrepancias entre el proceso formal y real.
	Apoyo a procesos	Aplicación de técnicas de minería de procesos para apoyar el desarrollo de una actividad del proceso de desarrollo de software.	Usar descubrimiento de procesos para complementar la elicitación de requisitos.
<i>Producto</i>	Sobre el producto	Aplicación de técnicas de minería de procesos sobre el software mismo.	Usar minería de procesos para analizar el comportamiento de los usuarios.

Tabla 1 – Aplicaciones de la minería de procesos a la ingeniería de software.

los procesos es útil para estas organizaciones (Mejia & Uribe, 2015). El modelamiento del proceso permitiría a las organizaciones guiar las actividades para mejorarlo (Muñoz, Gasca & Valtierra, 2014). La aplicación de la minería de procesos, específicamente la tarea de descubrimiento de procesos, puede ser de utilidad para las organizaciones que se enfrenten a este desafío.

El propósito de este trabajo es estudiar las aplicaciones de la minería de procesos en la ingeniería de software. Existen estudios que analizan el uso de técnicas de minería de datos en ingeniería de software en general (Halkidi, Spinellis, Tsatsaronis, & Vazirgiannis, 2011). No obstante, ninguno se centra en la aplicación de técnicas de minería de procesos en ingeniería de software propiamente tal.

Habiendo hecho esta breve introducción de la problemática que se abordará, el resto de este documento se estructura de la siguiente forma: primero, se explican los conceptos fundamentales de la minería de procesos para luego presentar una revisión de las principales aplicaciones de la minería de procesos a la ingeniería de software. A continuación, se detallan algunas aplicaciones específicas como casos de estudio, analizando sus principales resultados. Luego, se explicarán algunos de los desafíos que enfrenta la minería de procesos en este campo. Finalmente, se resumen los principales resultados y se muestran las conclusiones obtenidas en el desarrollo de este trabajo de investigación.

2. Minería de procesos

La tarea fundamental de la minería de procesos es el descubrimiento de procesos. Esta tarea toma como entrada un conjunto de datos conformado por un registro de todos los eventos (event log) realizados en el desarrollo del proceso. En su forma más simple debe tener un identificador de la instancia del proceso, un identificador de la tarea actual y un tiempo. Con suficientes de estos datos es posible inferir el modelo de proceso, con niveles ajustables de detalle (Van der Aalst, 2016). La automatización del descubrimiento de procesos permite a las organizaciones eliminar el problema en el modelamiento de procesos realizados por expertos pues en muchos casos estas evaluaciones tienen influencia de los propios sesgos del modelador (Gottschalk, Van der Aalst, & Jansen-Vullers, 2008).

La calidad de los modelos de procesos resultantes es función de la calidad y cantidad de datos disponibles (Bose, Mans, & Van der Aalst, 2013). Estos datos pueden ser aumentados con información adicional tales como los recursos utilizados o los tiempos de ejecución de cada tarea. Por otra parte, dada la naturaleza de los datos disponibles, los algoritmos de minería de procesos sólo tienen acceso a ejemplos que han ocurrido, pero no tiene ejemplos de instancias de procesos que no pueden ocurrir. La falta de ejemplos negativos es una de las debilidades que presenta la minería de procesos (Van der Aalst, 2016).

La revisión de conformidad (conformance checking en inglés) toma como entrada un modelo de proceso formal definido, una instancia del proceso real y genera un análisis de la desviación del proceso real con respecto al ideal. Esta tarea es de gran utilidad a la hora de auditar procesos, y ha sido aplicada con éxito en diversas organizaciones (Van der Aalst, Van Hee, Van Werf, & Verdonk, 2010). La revisión de conformidad permite determinar qué tan fielmente se está siguiendo el modelo de proceso según se ha definido formalmente en la realidad. Para realizar esta tarea existe una serie de métodos, todos estos tienen en común que permiten definir el nivel de desviación de un proceso real con respecto al proceso formal y específicamente que pueden determinar en qué parte del proceso ocurre la desviación. Esto tiene su aplicación en el control y auditoría de los procesos dentro de las organizaciones (Van der Aalst, Van Hee, et al., 2010; Van der Aalst, 2016).

La mejora de procesos se basa en los resultados obtenidos en las tareas anteriores. Esta tarea toma como entrada el modelo de proceso actual y un indicador de rendimiento y genera como salida un nuevo modelo de proceso que debiese mejorar los resultados con respecto al modelo original (Van der Aalst, 2016). El ejemplo más simple corresponde a la eliminación de un cuello de botella mediante la detección de este en una tarea de descubrimiento de procesos. En este enfoque, es posible utilizar técnicas de simulación para analizar las mejoras propuestas y compararlas en función de una métrica bien definida (Van der Aalst, 2012).

Los modelos se pueden trabajar mediante diferentes notaciones formales, yendo desde los modelos de más bajo nivel correspondientes a diagramas de transición, a notaciones más avanzadas tales como las redes de Petri, BPMN y diagramas UML (Kalenkova, Van der Aalst, Lomazova, & Rubin, 2016).

La minería de procesos ha sido utilizada con éxito en diversos dominios de aplicación, tales como el área de la salud, turismo, la educación, el comercio en línea y la auditoría de sistemas (Zinski, 2001; Trcka & Pechenizkiy, 2009; Van der Aalst, Van Hee, et al., 2010). Existe una comunidad IEEE de minería de procesos que incluye a más de 60 organizaciones (Samalikova, Trienekens, Kusters, & Weijters, 2009). A pesar del éxito de la minería de procesos, una limitación existente para su aplicación es que las técnicas rara vez son utilizadas en ambientes operacionales debido a la complejidad asociada. No obstante, Se ha demostrado que es posible utilizar la minería de procesos como un apoyo a las decisiones operacionales (Van der Aalst, Pesic, & Song, 2010).

3. Aplicaciones

La gran cantidad de datos existentes hoy en día como un subproducto del proceso de desarrollo de software permite aplicar diferentes técnicas de análisis de datos y utilizar dichos

resultados para guiar la optimización de los distintos procesos. Existen varios ejemplos de técnicas de minería de datos para el análisis y mejora de los procesos de software. Los lectores interesados pueden referirse al trabajo realizado por Halkidi et al. (2011). En particular, el presente trabajo se centra en las aplicaciones de la minería de procesos en este campo.

La evaluación de procesos clásica y la aplicación de acciones correctivas y de mejora a los procesos de software se basa en modelos obtenidos mediante entrevistas y documentación (e.g., manuales de calidad). No obstante, estos modelos no son completamente adecuados debido a que no consideran las instancias en que los procesos formales no son respetados dentro de una organización (e.g., no realizar una actividad por presiones de tiempo). Entender dónde se producen estas desviaciones y comprender sus causas e impactos, permitiría a la organización mejorar sus procesos teniendo en cuenta la realidad. También es importante destacar que, en muchas organizaciones, los procesos de desarrollo de software no se encuentran modelados explícitamente y en muchos casos son caóticos (Rubin et al., 2007). Es aquí donde entra el uso de la minería de procesos para detectar estos elementos.

Para poder aplicar las técnicas de minería de procesos, es necesario que los datos disponibles se ajusten al meta modelo descrito en la Figura 1. Específicamente, el registro de eventos debe contener datos de una cierta cantidad de procesos (generalmente uno). Cada proceso se compone de actividades y tiene asociada una serie de instancias de proceso. Cada instancia de proceso se compone de uno o más eventos. Estos eventos deben indicar la actividad a la que corresponden, deben tener una descripción, un tiempo de ejecución y un responsable. Es posible enriquecer el registro de eventos con más información según se tenga disponibilidad (Poncin, Serebrenik, & Van Den Brand, 2011).

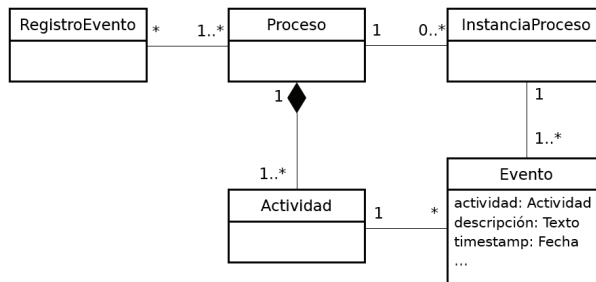


Figura 1 – Meta modelo de minería de procesos (traducido de Poncin et al., 2011).

En el caso de la ingeniería de software existen varias fuentes de donde se podría obtener datos (e.g., repositorios de control de versiones, sistemas de bug tracking y correos electrónicos). Debido a la multiplicidad de fuentes disponibles, se requiere una fuerte etapa de preparación de los datos antes de aplicar los procedimientos de minería de datos (Poncin et al., 2011).

La amplia aplicabilidad de la minería de procesos en la ingeniería de software se debe a lo genérico de sus técnicas. Éstas pueden ser aplicadas a cualquier tipo de proceso, siempre que los datos se ajusten al meta modelo de la Figura 1. La minería de procesos se

puede utilizar también para minar el uso mismo de los softwares desarrollados, un caso de estudio analiza dos aplicaciones industriales, específicamente un sistema de reservas y un portal de viajes (Rubin, Mitsyuk, Lomazova, & Van der Aalst, 2014).

Una posible aplicación de la minería de procesos sobre el proceso de desarrollo de software es la exploración de los procesos históricos con el propósito de determinar sus variaciones y poder realizar adaptaciones y mejoras del proceso teniendo en cuenta la realidad. A diferencia de una revisión de conformidad, el objetivo es directamente mejorar el proceso, en vez de medir la diferencia con el proceso idealizado. Esta información puede ser utilizada por los gestores de proyectos e ingenieros de proceso que deben determinar qué variaciones se incluirán en el proceso final (Santos & Oliveira, 2015).

Otra de las aplicaciones sobre el proceso es la auditoría de procesos de desarrollo. Aunque la minería de procesos puede agregar valor a la auditoría de procesos, y se espera que con el avance de las tecnologías y la maduración de éstas los auditores de procesos las asimilen adecuadamente. Este aspecto no ha sido estudiado exhaustivamente en todas sus posibles ramificaciones, debido a que la aplicación de estas técnicas requiere como punto de partida procedimientos de auditoría manuales (Van der Aalst, Van Hee., 2010; Jans, Alles, & Vasarhelyi, 2013).

La minería de procesos puede utilizarse como apoyo en el proceso de ingeniería de requisitos. Específicamente, se puede utilizar para regular que se esté siguiendo el proceso de ingeniería de requisitos adecuadamente (e.g., monitorear los cambios de los documentos de cada fase) y también puede utilizarse para verificar que los modelos propuestos por los ingenieros de desarrollo concuerden con instancias reales de los procesos que ejecutará el software (Van der Aalst, 2005).

Por otra parte, en el campo de la ingeniería de software dirigida por modelos, la minería de procesos también se ha aplicado con éxito para acortar la brecha existente entre la fase de diseño y la fase de ejecución. Si bien los resultados hasta ahora son prometedores, existen todavía desafíos pendientes en dicho campo (Mazak & Wilmer, 2016).

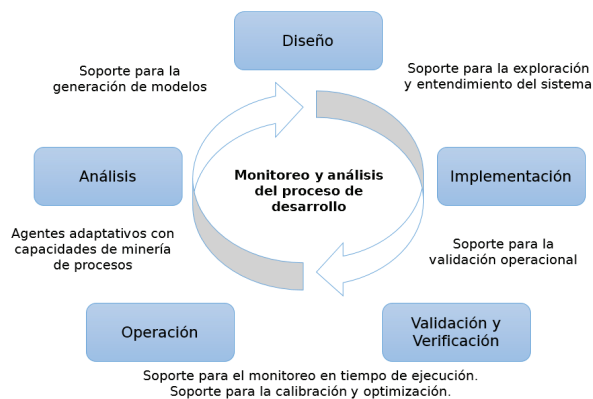


Figura 2 – Aplicaciones de minería de procesos en RUP (traducido de Cabac & Denz, 2015).

La minería de procesos puede aplicarse en el proceso de diversas formas para apoyar el proceso de desarrollo (Cabac & Denz, 2015). La Figura 2 ilustra algunas de las posibles aplicaciones de la minería de procesos en el contexto del desarrollo de software. El ciclo de vida presentado es genérico y sigue las etapas del Proceso Racional Unificado (RUP) (Kruchten, 2004).

Existen propuestas metodológicas para la aplicación de minería de procesos en la ingeniería de software, además de frameworks diseñados específicamente para facilitar estas tareas (Rubin et al., 2007; Poncin et al., 2011; Sureka, Kumar, & Gupta, 2015; Stolf, Stolf, Kosinar, & Snasel, 2016). No obstante, el desarrollo de una metodología que se considere estándar todavía es un problema abierto en esta área. Esto se debe a que la inteligencia de procesos de software es un campo todavía muy reciente y que se encuentra aún en evolución (Sureka et al., 2015).

4. Casos de estudio

En esta sección se muestran los resultados de algunos de los trabajos presentes en la literatura. Estos estudios han sido seleccionados debido a su valor ilustrativo. Los casos de estudio han sido clasificados de acuerdo al proceso involucrado. Solo los resultados principales se presentan aquí, el detalle de las implementaciones y el modelamiento se pueden encontrar en las referencias entregadas.

4.1. Proceso de control de configuración

El primer caso estudiado corresponde a una aplicación sobre el proceso de control de configuración. Con el propósito de llevar un control de todos los documentos y archivos necesarios, los ingenieros utilizan sistemas de gestión de configuración de software (SCM, por sus siglas en inglés). En su funcionamiento, estos sistemas recolectan y almacenan información sobre el proceso de software en sí. Luego, la información de los SCM puede ser utilizada para construir modelos de proceso explícitos, esto corresponde a un ejemplo de descubrimiento de procesos. (Rubin et al., 2007)

Utilizando la información de auditoría generada por el sistema de gestión de configuración, que corresponden a instancias del proceso (ejecuciones particulares del proceso de desarrollo), y luego aplicando los algoritmos de minería de procesos se deriva el modelo a partir de éstos. Este modelo puede ser verificado por el ingeniero de procesos, que debe luego decidir qué cambios deberían realizarse para optimizarlo y gestionarlo de mejor forma (Rubin et al., 2007).

Complementando la información del proceso con los responsables de cada actividad, es posible construir el modelo de red social del proceso y realizar un análisis sobre quiénes realizan cada actividad (Van der Aalst, 2016). La aplicación de esto reveló que en algunos casos los encargados del desarrollo del código eran los mismos encargados de las pruebas de éste. Esto por supuesto no es deseable pues en situaciones ideales serían personas diferentes (Rubin et al., 2007).

4.2. Proceso de pruebas

Los siguientes casos estudiados corresponden a aplicaciones sobre el proceso de pruebas y sobre el producto desarrollado. En particular, es posible aplicar las técnicas de minería de

procesos para obtener modelos a partir de los scripts de prueba utilizados durante la fase de testing en el desarrollo de software. Esto permite generar nuevos casos de prueba y facilita el entendimiento de los distintos casos de prueba utilizados (Shah, Khadke, & Rana, 2015).

En otro trabajo se propone utilizar técnicas de minería de procesos para analizar sistemas de software en circunstancias reales en línea. El objetivo es aprender lo máximo posible de la información obtenida de estos datos en tiempo de ejecución, y subsecuentemente utilizar este conocimiento para diagnosticar problemas y recomendar acciones (Van der Aalst, 2015).

A diferencia de los enfoques tradicionales de testing (tanto enfoques de caja negra como de caja blanca), el trabajo se focaliza en el producto trabajando en su ambiente natural y no en un experimento controlado. Además, se consideran muchas variantes del mismo software siendo ejecutadas en situaciones posiblemente muy diferentes. La mayoría de los enfoques de testing no son aplicados en vivo y limitan al sistema utilizando entradas usuales e inusuales de manera controlada. Esta variedad de condiciones permitiría realizar un proceso de pruebas más robusto (Van der Aalst, 2015).

El primer trabajo (Shah et al., 2015) corresponde a un ejemplo de aplicación de la minería de procesos como una herramienta de soporte dentro del proceso, pues el propósito es apoyar el desarrollo de la fase de testing y no analizar el proceso. Por otra parte, el segundo trabajo (Van der Aalst, 2015) corresponde también a un ejemplo de apoyo al proceso, pero además es una aplicación sobre el producto, pues las herramientas de minería de procesos se aplican directamente sobre el software con el propósito de apoyar la fase de pruebas.

4.3. Proceso de control de cambios

El siguiente caso estudiado corresponde a una aplicación sobre el proceso de control de cambios. En particular, el estudio detalla la aplicación de técnicas de minería de procesos sobre los datos generados en el proceso de control de cambios a cargo de un Comité de Control de Cambios en el contexto de un proyecto de desarrollo de software. Uno de los principales resultados obtenidos reveló que en la mayoría de las instancias de proceso (alrededor del 70%), se omitía la fase de análisis y que las solicitudes de cambio eran directamente solucionadas sin realizar un análisis previo (Samalikova et al., 2009).

En general, la cantidad de casos que no cumplen con la especificación del modelo de proceso es alta. A lo largo del proyecto la cantidad de casos que no realizaban la tarea de análisis se mantiene relativamente constante. Esto indica que la omisión de la tarea de análisis es un problema estructural dentro de esta organización (Samalikova et al., 2009). Este tipo de discrepancias son justamente una de las que se busca detectar de manera automática con la aplicación de la minería de procesos al proceso de desarrollo de software, pues entregan conocimiento relevante sobre el funcionamiento de los procesos de desarrollo en las organizaciones.

4.4. Evaluación de conformidad de CMMI

El último caso de estudio que se abordará corresponde a una aplicación para la evaluación del proceso. En particular, correspondería a la aplicación de técnicas de revisión de conformidad para evaluar un proceso según CMMI (Samalikova et al.;

Astromskis et al., 2014). El modelo CMMI describe los elementos típicos que deben poseer los procesos para ser efectivos (Glazer, Dalton, Anderson, Konrad, & Shrum, 2008). Luego, la comparación entre el proceso de desarrollo de una organización dada y las recomendaciones del CMMI ayuda a evaluar la madurez del proceso analizado, encontrar las brechas entre las actividades realizadas y las sugeridas, e identificar las oportunidades de mejora.

De forma muy general, de acuerdo al método de evaluación estándar CMMI para la mejora de procesos (SCAMPI, por sus siglas en inglés), una evaluación de CMMI consiste de dos pasos: recolectar los datos y luego interpretarlos de acuerdo al modelo CMMI (Team. S. U., 2011). La evaluación de procesos puede ser tanto cualitativa como cuantitativa, y puede basarse en el juicio de expertos (Bourque & Fairley, 2014). La minería de procesos puede ayudar en la fase de evaluación de los datos. El uso de herramientas automatizadas de minería de procesos puede ayudar a diseñar evaluaciones objetivas mediante la reducción de la intervención humana (Astromskis, Janes, Sillitti & Succi, 2014; Van der Aalst, 2016).

La idea de aplicar técnicas de este campo para la evaluación de ciertos estándares de desarrollo no es nueva. De hecho, se han realizado trabajos anteriormente con el propósito de evaluar la conformidad con respecto a otros estándares. Por ejemplo, en el año 2006 se evaluó una compañía de desarrollo de software australiana tomando como referencia el estándar ISO/IEC 12207 (ISO, 2008). La aplicación de técnicas de minería de procesos como una herramienta de soporte para la evaluación de procesos de software bajo el modelo CMMI, tanto en principio como en la práctica, se ha demostrado factible (Samalikova, Kusters, Trienekens, & Weijters, 2014). En dicho trabajo se han identificado los elementos que pueden ser utilizados para realizar estas tareas de minería de procesos, las perspectivas de minería de procesos relevantes y las técnicas de minería de procesos asociadas. En función de éstas, la minería de procesos puede ofrecer información valiosa, esto es, evidencia objetiva, para la evaluación y mejora de procesos.

Otro de los aspectos en los que la minería de procesos puede aportar, corresponde a la reducción de costos del proceso de evaluación CMMI. Una de las limitantes que tienen los entornos pequeños en la aplicación de evaluaciones de procesos CMMI es el alto costo de éstas (Astromskis et al., 2014). De acuerdo a los Glazer et al. (2008), una evaluación CMMI para un negocio pequeño con menos de 100 desarrolladores que está completamente lista para ser evaluada puede costar (en dólares) entre \$36.000 y \$60.000, el precio exacto depende de una variedad de factores. Si el equipo necesita preparar todo para la evaluación, los clientes gastan típicamente alrededor de \$125.000 en un horizonte temporal de un año o menos. La aplicación de técnicas de minería de procesos podría reducir los costos tanto en entornos pequeños como en grandes organizaciones (Astromskis et al., 2014).

En el mismo trabajo se sugiere que los practicantes de las metodologías ágiles evalúen sus procesos con respecto a una perspectiva CMMI. Específicamente, proponen una herramienta basada en minería de procesos (Jidoka4CMMI), que una vez configurada, evalúa de manera constante la conformidad de los procesos de desarrollo con CMMI, sin generar costos adicionales, de tal forma que pueda ser utilizada fácilmente por entornos

más pequeños y de menores recursos. Esta herramienta provee un framework que define casos de pruebas y verifica si un proceso se adhiere a las recomendaciones de CMMI (Astromskis et al., 2014).

Además, en otro trabajo de minería de procesos para CMMI se aplicó ésta para evaluar el proceso real seguido por los desarrolladores de una organización. Luego, las discrepancias encontradas entre el proceso real y el modelo descrito fueron evaluadas. Los resultados de esta evaluación se tradujeron en un plan de trabajo y mejora del proceso (Huo, Zhang, & Jeffery, 2006).

Finalmente, se debe destacar que recientemente se ha desarrollado una extensión de SCAMPI. Esta extensión aborda alguna de las limitaciones del método tradicional, tales como: la dependencia del evaluador, el costo y complejidad de la evaluación, la subjetividad en la evaluación, y la confianza en la muestra y su representatividad (do Valle, Santos & de FR Loures, 2017).

5. Desafíos

A continuación, se presenta una lista no exhaustiva de los desafíos importantes a los que se enfrenta la minería de procesos en el campo de la ingeniería de software. Algunos de estos desafíos son generales a la minería de procesos y algunos son particulares al campo de desarrollo de software.

5.1. Conocimiento de los procesos

En muchos casos los sistemas de información de las empresas son agnósticos a los procesos de negocio (principalmente debido al hecho que en muchos casos son soluciones ad hoc que deben permitir un alto grado de flexibilidad). En muchos casos las acciones ejecutadas por el sistema se guardan en algún archivo de registro, pero aun así en los sistemas no identifican el proceso o la instancia del proceso a la cual corresponde (Burattin, 2015; Van der Aalst, 2016).

El problema de aplicar minería de procesos a registros generados por sistemas agnósticos al proceso es uno de los principales desafíos a los que se enfrenta la minería de procesos a la hora de aplicarse en el mundo empresarial. Algunos de los problemas que ocurren durante la adquisición de datos pueden ser solucionados mediante la definición y uso de estándares, tales como MXML (Van der Aalst et al., 2007) u OpenXES (Günther & Verbeek, 2009), ambos basados en XML (Burattin, 2015). Una compañía que tenga una infraestructura adecuada y conozca además sus procesos, puede beneficiarse de la minería de procesos de diversas maneras, aplicando cualquiera de las técnicas existentes (Burattin, 2015).

En el caso de los sistemas agnósticos al proceso, puede que sus registros no tengan suficiente información para aplicar algoritmos de minería de procesos. En algunos casos puede ocurrir lo contrario, en que la cantidad de detalles es demasiado alta y la complejidad del modelo resultante lo hace poco práctico, pues todo buen modelo debe mantener un balance entre precisión con respecto a la representación de la realidad y simplicidad computacional (Van der Aalst et al., 2011; Burattin, 2015).

5.2. Calidad de los datos

La minería de procesos depende fuertemente de la calidad de los datos recolectados y almacenados. Muchas veces se deben filtrar grandes volúmenes de datos debido a instancias incompletas de los procesos. No obstante, mediante preparación cuidadosa de los datos se puede llegar a conjuntos de datos útiles, a pesar de que originalmente no fueran datos almacenados con el propósito de aplicar minería de procesos. Aun así, la eficiencia y efectividad de la minería de procesos puede verse beneficiada sustancialmente de conjuntos de datos bien estructurados y definidos, además de guías de recolección que permitan obtener conjuntos de datos de alta calidad (Samalikova et al., 2011; Bose et al., 2013).

Otro de los problemas en los conjuntos de datos es la existencia de ruido. Este puede ocurrir algunas veces debido a la existencia de procesos que no son los esperados (actividades que no se supone ocurran, o que ocurren en posiciones incorrectas) (Burattin, 2015). La integridad y calidad de los datos es un factor importante en la calidad de los resultados de la evaluación de procesos (Bourque & Fairley, 2014), esto se vuelve aún más importante en conjunción con las necesidades naturales de las técnicas de minería de procesos.

5.3. Integración con las herramientas

Existen algunas consideraciones propias de este campo de aplicación de la minería de procesos debido a la naturaleza de los procesos de software. Particularmente, todas las metodologías de mejora de procesos de software comparten un prerrequisito común: el proceso y el producto deben ser continuamente medidos. Para realizar esto, los datos acerca del proceso de desarrollo deben ser recolectados y analizados de manera continua. No obstante, la recolección de datos manual requiere de un esfuerzo adicional por parte de los desarrolladores, y el análisis de todos estos datos toma aún más tiempo (Astromskis et al., 2014).

Un requerimiento clave para el seguimiento de los procesos de software es que estos no debieran interferir con el proceso que está siendo evaluado. Esto rara vez es el caso para los enfoques tradicionales (e.g., basados en cuestionarios), pues requieren de la participación activa de los distintos actores del proceso para que reporten sus actividades. Un enfoque alternativo es la recolección automática de datos dentro de los ambientes de trabajo (e.g., IDEs y herramientas de diseño). Estas herramientas integradas facilitarían la obtención de datos sin interferir con el trabajo de los desarrolladores de software (Astromskis et al., 2014).

5.4. Evaluación de resultados

Otro problema corresponde a la evaluación del proceso obtenido, pues es necesario definir un procedimiento estándar y riguroso para evaluar la calidad de la salida generada por el algoritmo de minería de procesos (Van der Aalst, 2016). Es posible medir la calidad del modelo mediante las discrepancias con los registros de eventos originales y el modelo obtenido. Otra problemática es escoger una representación adecuada para el modelo, pues finalmente el modelo no será útil si es que no es posible entenderlo y analizarlo adecuadamente (Burattin, 2015).

Otro de los desafíos de implementación de técnica de minería de procesos, es que los algoritmos deben ser parametrizados adecuadamente. La búsqueda de la parametrización óptima puede ser un trabajo complejo debido a la cantidad de parámetros disponibles (Burattin, 2015; Van der Aalst, 2016).

5.5. Usabilidad

Finalmente, el último de los desafíos abordados corresponde a la usabilidad. Según el Manifiesto de Minería de Procesos (Van der Aalst et al., 2011), uno de los desafíos que debe ser abordado para mejorar la usabilidad de la minería de procesos es su integración con otras metodologías y técnicas de análisis. Un ejemplo claro es provisto por las herramientas de simulación, que pueden complementar el diagnóstico de procesos y el análisis mediante la evaluación de implementaciones alternativas (Aguirre, Parra, & Alvarado, 2012).

En general, el proyecto de rediseño de un proceso requiere más de un único instrumento para alcanzar los resultados deseados. Si bien la minería de procesos provee herramientas para el diagnóstico y análisis de procesos. Éstas deben ser complementadas mediante otras metodologías, tales como la simulación u otros enfoques que permitan entender y planificar el proceso de rediseño adecuadamente (Aguirre et al., 2012; Van der Aalst et al., 2011; Van der Aalst, 2016).

6. Conclusiones

En el transcurso de esta investigación se han abordado los principales aspectos necesarios para comprender la importancia de la minería de procesos y su aplicación en el campo de la ingeniería de software, en particular al área de procesos de desarrollo de software. Se identificaron además los distintos desafíos y problemas a los que se enfrenta la minería de procesos a la hora de aplicarse en un ámbito real, tanto en general como en el caso de los procesos de software. Por otra parte, se ha visto que la minería de procesos puede ser aplicada sobre el proceso de desarrollo y sobre el producto desarrollado. Dada la generalidad de los algoritmos de minería de procesos, es posible aplicarlos sobre cualquier entidad que siga una secuencia de pasos lógicos y de la cual se tengan los datos en un formato adecuado.

En función de la revisión anterior se puede ver que la minería de procesos es un área con un alto potencial de aplicaciones en el campo de la ingeniería de software, específicamente al estudio de los procesos de desarrollo de software. Además, al ser la minería de procesos un campo relativamente joven en comparación a las disciplinas que lo componen, su potencial de crecimiento, tanto a nivel teórico como práctico es bastante alto.

La capacidad de descubrir los procesos reales, de evaluar su conformidad con respecto al modelo oficial y de encontrar oportunidades de mejora, hacen que la minería de procesos tenga un alto impacto a nivel organizacional. El desarrollo de sistemas de información que incluyan en su diseño la perspectiva de la minería de procesos entrega un valor agregado a las organizaciones de desarrollo de software. Es posible usar la minería de procesos para detectar las discrepancias en los procesos, obteniendo de esta tarea una

serie de información que puede ser utilizada por los gestores del proceso para planificar las eventuales correcciones y mejoras. El ejemplo que es conveniente destacar es el que muestra que alrededor de 70% de los cambios solicitados al comité de control de cambios no eran sometidos a una fase formal de análisis. La detección de problemas estructurales en los procesos de desarrollo permite a los encargados de proyectos y a la gerencia superior aplicar medidas correctivas según sea necesario.

Se han detallado también los desafíos que debe abordar el campo de la minería de procesos. Uno de los principales desafíos es la necesidad de disponer de datos adecuados, provistos por sistemas de información conscientes de los procesos de negocio. Este es un tema transversal que no sólo se da con los procesos de software.

Como se vio en uno de los casos de estudio, la minería de procesos puede ser utilizada en línea. Esta idea puede generalizarse para evaluar de manera continua el rendimiento de los procesos. Esto permitiría a los gestores realizar de mejor manera su labor, al ser notificados oportunamente de las posibles desviaciones del proceso y de los problemas que vayan surgiendo en el proceso en tiempo real.

Si bien existen metodologías para aplicar técnicas de minería de procesos en general, el desarrollo de una metodología estándar para la implementación de técnicas de minería de procesos en las organizaciones se considera un problema abierto todavía, aunque ya existen avances que abordan esta problemática. Específicamente, se considera la necesidad de una metodología que explice el desarrollo de la actividad de incorporación de conocimiento del proceso a sistemas de información que son naturalmente agnósticos a éste. Una vez realizado esto, las tareas en realidad seguirían, en cierta forma, el enfoque tradicional de minería de datos, para el cual existen varias metodologías (e.g., CRISP-DM).

Finalmente, se afirma que en función de todo lo anterior, se ha mostrado la importancia de la minería de procesos y de los enfoques automáticos de evaluación de procesos, tanto a nivel general, como en los procesos de desarrollo de software.

Referencias

- Aguirre, S., Parra, C., & Alvarado, J. (2012, June). Combination of process mining and simulation techniques for business process redesign: a methodological approach. In *International Symposium on Data-Driven Process Discovery and Analysis* (pp. 24–43). Springer Berlin Heidelberg.
- Astromskis, S., Janes, A., Sillitti, A., & Succi, G. (2014). Continuous CMMI assessment using non-invasive measurement and process mining. *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*, 24(09), 1255–1272.
- Bose, R. J. C., Mans, R. S., & van der Aalst, W. M. (2013, April). Wanna improve process mining results?. In *Computational Intelligence and Data Mining (CIDM)*, 2013 IEEE Symposium on (pp. 127–134). IEEE.
- Bourque, P., & Fairley, R. E. (2014). *Guide to the software engineering body of knowledge (SWEBOK (R))*: Version 3.0. IEEE Computer Society Press.

- Burattin, A. (2015). Obstacles to applying process mining in practice. In *Process Mining Techniques in Business Environments* (pp. 59-63). Springer International Publishing.
- Cabac, L., & Denz, N. (2008). Net components for the integration of process mining into agent-oriented software engineering. In *Transactions on Petri Nets and Other Models of Concurrency I* (pp. 86-103). Springer Berlin Heidelberg.
- Cook, J. E., & Wolf, A. L. (1998). Discovering models of software processes from event-based data. *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology (TOSEM)*, 7(3), 215-249.
- do Valle, A. M., Santos, E. A., & de FR Loures, E. (2017). Applying Process Mining Techniques in Software Process Appraisals. *Information and Software Technology*.
- Glazer, H., Dalton, J., Anderson, D., Konrad, M. D., & Shrum, S. (2008). CMMI or agile: why not embrace both!.
- Gottschalk, F., van der Aalst, W., & Jansen-Vullers, M. (2008). Mining reference process models and their configurations. In *On the Move to Meaningful Internet Systems: OTM 2008 Workshops* (pp. 263-272). Springer Berlin/Heidelberg.
- Günther, C., & Verbeek, H. XES Standard Definition. www.xes-standard.org (2009). Cited on, 72.
- Halkidi, M., Spinellis, D., Tsatsaronis, G., & Vazirgiannis, M. (2011). Data mining in software engineering. *Intelligent Data Analysis*, 15(3), 413-441.
- Humphrey, W. S. (1995). A discipline for software engineering. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.
- Huo, M., Zhang, H., & Jeffery, R. (2006, May). An exploratory study of process enactment as input to software process improvement. In *Proceedings of the 2006 international Workshop on Software Quality* (pp. 39-44). ACM.
- ISO, I. (2008). IEC 12207 Systems and software engineering-software life cycle processes. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- Jans, M., Alles, M., & Vasarhelyi, M. (2013). The case for process mining in auditing: Sources of value added and areas of application. *International Journal of Accounting Information Systems*, 14(1), 1-20.
- Kalenkova, A. A., van der Aalst, W. M., Lomazova, I. A., & Rubin, V. A. (2016, October). Process mining using BPMN: relating event logs and process models. In *Proceedings of the ACM/IEEE 19th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems* (pp. 123-123). ACM.
- Kimble, C., de Vasconcelos, J. B., & Rocha, Á. (2016). Competence management in knowledge intensive organizations using consensual knowledge and ontologies. *Information Systems Frontiers*, 18(6), 1119-1130.
- Kruchten, P. (2004). The rational unified process: an introduction. Addison-Wesley Professional.

- Mazak, A., & Wimmer, M. (2016). On Marrying Model-driven Engineering and Process Mining: A Case Study in Execution-based Model Profiling. In Proceedings of the 6th IFIP International Symposium on Data-Driven Process Discovery and Analysis (SIMPDA 2016) (pp. 1–10).
- Mejia, J., & Uribe, G. (2015). Extracción del Conocimiento tácito como base para el establecimiento de mejora de procesos de software en las Organizaciones de desarrollo de Software. RISTI-Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (SPE3), 17–28.
- 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 Tecnologias de Informação, (SPE1), 1–15.
- Poncin, W., Serebrenik, A., & Van Den Brand, M. (2011, March). Process mining software repositories. In Software Maintenance and Reengineering (CSMR), 2011 15th European Conference on (pp. 5–14). IEEE.
- Rubin, V. A., Günther, C. W., Van Der Aalst, W. M., Kindler, E., Van Dongen, B. F., & Schäfer, W. (2007, May). Process mining framework for software processes. In International Conference on Software Process (pp. 169–181). Springer Berlin Heidelberg.
- Rubin, V. A., Mitsyuk, A. A., Lomazova, I. A., & van der Aalst, W. M. (2014, September). Process mining can be applied to software too!. In Proceedings of the 8th ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (p. 57). ACM.
- Osterweil, L. (1987, March). Software processes are software too. In Proceedings of the 9th international conference on Software Engineering (pp. 2–13). IEEE Computer Society Press.
- Santos, R., & Oliveira, T. C. (2015, April). Mining software development process variations. In Proceedings of the 30th Annual ACM Symposium on Applied Computing (pp. 1657–1660). ACM.
- Samalikova, J., Kusters, R. J., Trienekens, J. J., & Weijters, A. J. M. M. (2014). Process mining support for Capability Maturity Model Integration□based software process assessment, in principle and in practice. Journal of Software: Evolution and Process, 26(7), 714–728.
- Samalikova, J., Trienekens, J. J., Kusters, R. J., & Weijters, A. T. (2009, September). Discovering changes of the change control board process during a software development project using process mining. In European Conference on Software Process Improvement (pp. 128–136). Springer Berlin Heidelberg.
- Samalikova, J., Kusters, R. J., Trienekens, J. J., Weijters, T., & Siemons, P. (2011). Toward objective software process information: experiences from a case study. Software Quality Journal, 19(1), 101–120.

- Shah, V., Khadke, C., & Rana, S. (2015, April). Mining process models and architectural components from test cases. In *Software Testing, Verification and Validation Workshops (ICSTW)*, 2015 IEEE Eighth International Conference on (pp. 1–6). IEEE.
- Stolfa, J., Stolfa, S., Kosinar, M. A., & Snasel, V. (2016). Introduction to integration of the process mining to the knowledge framework for software processes. In *Proceedings of the Second International Afro-European Conference for Industrial Advancement AECIA 2015* (pp. 21–31). Springer International Publishing.
- Sureka, A., Kumar, A., & Gupta, S. (2015, February). Ahaan: Software process intelligence: Mining software process data for extracting actionable information. In *Proceedings of the 8th India Software Engineering Conference* (pp. 198–199). ACM.
- Team, S. U. (2011). *Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement (SCAMPI) A, Version 1.3: Method Definition Document*.
- Trcka, N., & Pechenizkiy, M. (2009, November). From local patterns to global models: Towards domain driven educational process mining. In *Intelligent Systems Design and Applications*, 2009. ISDA'09. Ninth International Conference on (pp. 1114–1119). IEEE.
- Van Der Aalst, W. M., Adriansyah, A., De Medeiros, A. K. A., Arcieri, F., Baier, T., Blickle, T., ... & Burattin, A. (2011, August). Process mining manifesto. In *International Conference on Business Process Management* (pp. 169–194). Springer Berlin Heidelberg.
- Van der Aalst, W. M., Pesic, M., & Song, M. (2010, June). Beyond process mining: from the past to present and future. In *International Conference on Advanced Information Systems Engineering* (pp. 38–52). Springer Berlin Heidelberg.
- Van Der Aalst, W. M. (2012). Process mining: Overview and opportunities. *ACM Transactions on Management Information Systems (TMIS)*, 3(2), 7.
- Van der Aalst, W. M. (2005). Business alignment: using process mining as a tool for delta analysis and conformance testing. *Requirements Engineering*, 10(3), 198–211.
- Van der Aalst, W. M. (2016). *Process mining: data science in action*. Springer.
- Van der Aalst, W. M. (2015, August). Big software on the run: in vivo software analytics based on process mining (keynote). In *Proceedings of the 2015 International Conference on Software and System Process* (pp. 1–5). ACM.
- Van der Aalst, W. M. (2014). Process mining in the large: a tutorial. In *Business Intelligence* (pp. 33–76). Springer International Publishing.
- Van der Aalst, W. M., van Dongen, B. F., Günther, C. W., Mans, R. S., De Medeiros, A. A., Rozinat, A., ... & Weijters, A. J. M. M. (2007, June). ProM 4.0: comprehensive support for real process analysis. In *International Conference on Application and Theory of Petri Nets* (pp. 484–494). Springer Berlin Heidelberg.
- Van der Aalst, W. M., van Hee, K. M., van Werf, J. M., & Verdonk, M. (2010). Auditing 2.0: Using process mining to support tomorrow's auditor. *Computer*, 43(3).
- Zinski, C. (2001). *Internet Banking: The Trade Name Trend*. Banking & Financial Services Policy.

Esquema de Visualización para Modelos de Clústeres en Minería de Datos

Wilson Castillo-Rojas¹, Fernando Medina-Quispe², Juan Vega-Damke²

wilson.castillo@uda.cl, femedina@gmail.com, jfranciscov7@gmail.com

¹ Universidad de Atacama, Facultad de Ingeniería / DIICC, 1530000, Copiapó, Chile.

² Universidad Arturo Prat, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 1100000, Iquique, Chile.

DOI: 10.17013/risti.21.67-84

Resumen: El artículo propone el diseño e implementación de un esquema de visualización para modelos de clústeres, en el contexto de un proceso de minería de datos. En general, un buen modelo de clústeres no es difícil de interpretar, pero se torna compleja su representación visual cuando el conjunto de datos es de alto volumen, densidad y dimensionalidad. En este tipo de caso, es necesario contar con un apropiado esquema de visualización. El esquema visual que se propone en este trabajo se denomina VIMC, y se basa en cuatro características: visualización interactiva, combinación de técnicas de minería de datos, artefactos gráficos ad-hoc, y uso de métricas. Las métricas consideradas permiten comparar componentes de distintos clústeres, lo que a su vez ayuda a entender la composición de los grupos. A través de la implementación de un entorno visual web, y una evaluación de 23 usuarios, se logran resultados positivos sobre la utilidad de este esquema de visualización.

Palabras-clave: Visualización de clústeres, visualización de modelos para minería de datos, visualización de minería de datos, visualización interactiva de modelos, esquemas de visualización de datos.

New Visualization Scheme for Cluster Models in Data Mining

Abstract: The article proposes the design and implementation of a visualization scheme for cluster models, in the context of a data-mining process. In general, a good cluster model is not difficult to interpret, but its visual representation becomes complex when the data set is of high volume, density and dimensionality. In this type of case, it's necessary to have an appropriate visualization scheme. The visual schema proposed in this work is called VIMC, and is based on four characteristics: interactive visualization, data-mining techniques combination, ad-hoc graphic artifacts, and use of metrics. The considered metrics allow to compare components of different clusters, which in turn helps to understand the composition of the groups. Through the implementation of a visual web environment, and an evaluation of 23 users, positive results are achieved on the utility of this visualization scheme.

Keywords: Cluster Visualization, model visualization for data mining, data mining visualization, interactive visualization of models, data visualization schemes.

1. Introducción

La comprensión e interpretación apropiada de los resultados de un modelo es el mayor problema o desafío en un proceso de Minería de Datos (MD). Algunas investigaciones sostienen que una de las formas de apoyar esta problemática es utilizando visualización en la etapa de construcción del modelo, y no solamente en el análisis exploratorio de los datos (entrada), y los patrones o reglas obtenidas en un proceso de MD (salida) (Meneses & Grinstein, 2001).

Lo anterior, afirma que al conocer el funcionamiento interno de un modelo permite, por un lado, comprender como funciona, y por otro lado interpretar mejor sus resultados. En particular, visualización de modelos de clústeres no es difícil de interpretar si el número de clústeres es relativamente manejable y son muy compactos. Sin embargo, cuando el conjunto de datos es de gran volumen, y el número de dimensiones es alto, su representación visual e interpretación se tornan complejos. Por ejemplo, con 3 dimensiones no se pueden observar todos los atributos simultáneamente, más en el caso de clústeres con alta densidad.

Como resultado del análisis comparativo de trabajos relacionados, y la evaluación de herramientas de MD existentes, se pudo constatar la dificultad que presenta la visualización de modelos de clústeres. También se confirma en esta revisión, que existen diversas métricas para comparar clústeres, y que la mayoría de las herramientas utilizan solamente el cálculo de distancia, y muy pocas, implementan comparación de componentes. Además, en ninguno de los trabajos y herramientas analizados utilizan combinación de técnicas de MD, y que proporcionan un bajo nivel de interacción, lo cual no permite explorar en profundidad un modelo.

En este contexto, este trabajo de investigación aborda el problema de la complejidad para visualizar modelos de clústeres con conjuntos de datos que reúnen las características antes mencionadas. Para esto, considera elementos en el diseño y desarrollo de un esquema de visualización, que permitan recorrer y explorar un modelo de clústeres, y mecanismos de interacción apropiados para lograr adentrarse en las componentes o instancias de cada clúster.

Una característica importante que se considera en este esquema visual, es la combinación de la técnica de clústeres con una técnica de MD del tipo descriptiva, que provea una vista complementaria de cada clúster, y de modo que permita establecer relaciones entre los atributos del conjunto de instancias agrupadas en cada uno. También, plantea necesario disponer de gráficos ad-hoc para representar visualmente clústeres, particularmente en conjuntos de datos con alto volumen, densidad y dimensionalidad. Otra característica fundamental es disponer de métricas que permitan comparar cuantitativamente instancias o componentes de un mismo clúster y entre distintos clústeres, y también medir el nivel de compacidad o dispersión de cada conglomerado.

El artículo describe la propuesta de un esquema de visualización para modelos de clústeres denominado VIMC. Se presenta su diseño conceptual y aspectos técnicos, además de la implementación de un entorno visual web, que proporciona las características principales de este esquema VIMC, estos son: visualización interactiva, combinación de técnicas de MD, gráficas vinculadas, métricas para comparar clústeres e instancias de los clústeres.

Finalmente, se discute el resultado de una evaluación subjetiva obtenida a través de una encuesta en línea con 23 usuarios, todos con experiencia en procesos de MD.

2. Visualización en MD

El proceso de MD busca obtener a partir de un conjunto de datos, modelos de datos para describirlos o predecir nuevas instancias. Este proceso involucra etapas de: preparación de datos (entrada), generación del modelo (proceso), y la interpretación de patrones resultantes (salida). Esta salida debe significar un nuevo conocimiento en la organización, útil y comprensible para los usuarios finales, y que se puede integrar a los procesos para apoyar la toma de decisiones (Witten & Frank, 2005). Sin embargo, la dificultad está en identificar modelos en los datos, lo cual es una tarea compleja y, a menudo requiere experiencia, no sólo del analista de datos, sino también del experto en el dominio del problema.

El uso de capacidades de percepción visual humana, que puede detectar patrones fácilmente, puede ser útil para apoyar el análisis de modelos de MD. Bajo este enfoque, visualización en MD ha sido utilizada mayormente en el análisis exploratorio de datos (entrada), y presentación de los patrones (salida), dejando limitado este paradigma para el análisis de modelos (Meneses & Grinstein, 2001).

Un factor clave en MD, para mejorar la capacidad predictiva o descriptiva de un modelo, es entender cómo el modelo inducido está trabajando. Entre otros aspectos, por ejemplo; es importante entender cómo el modelo realiza una distribución del conjunto de datos de acuerdo a diferentes atributos, cómo las componentes del modelo están correlacionadas con un subconjunto de observaciones, y cómo el valor de los atributos es particionado por el modelo.

Algunas técnicas de aprendizaje automático funcionan como sistemas cerrados, y es difícil lograr una interpretación de los patrones obtenidos, y responder preguntas del usuario acerca de la transformación que realiza el modelo. Un ejemplo son las redes neuronales artificiales, que convergen a un conjunto de pesos numéricos que no tienen una interpretación directa en el dominio del problema.

Las técnicas como árboles de decisión son fácilmente comprensibles cuando el modelo es pequeño, árboles de mayor tamaño (más de 3 niveles) su interpretación es compleja. Lo mismo ocurre para un modelo de clústeres, ya que con datos de gran volumen y alta dimensionalidad, no es simple visualizar todos los atributos. Otras técnicas de aprendizaje como reglas de asociación, también el tamaño del modelo presenta problemas (largas listas de reglas), y requiere el desarrollo de nuevas representaciones gráficas, que proporcionen una mejor visualización e interacción con el modelo, para facilitar su interpretación. Se considera que la integración de visualización en el proceso de MD puede ser de importancia significativa, ya que puede ayudar de dos maneras:

- i. Proporcionar comprensión visual de complejas aproximaciones computacionales y;
- ii. Descubrir relaciones complejas entre los datos que no son detectables por los métodos automáticos de análisis, pero que si pueden ser captados por el sistema visual humano.

De lo anterior, se deduce que la iteración alternada entre visualización y MD automática provee al analista de datos, soporte en la tarea de reconocimiento de patrones. Incluyendo al ser humano en este proceso, se logra una buena combinación de su percepción visual, con el poder de cálculo y almacenamiento del computador (Meneses & Grinstein, 2001). Hoy en día, existen pocas herramientas que incorporan visualización de modelos. Y las que existen son muy limitadas en su capacidad de exploración, y en responder preguntas acerca de las transformaciones, que realiza el modelo en los datos, para generar patrones (Keim & otros, 2010), (Castillo & Meneses, 2012).

3. Visualización para Modelos Clústeres

El análisis de clúster o clustering, es una tarea de MD que tiene por objeto identificar y describir grupos en un conjunto de datos, de tal manera que elementos asignados a un mismo grupo sean similares entre sí, mientras que elementos pertenecientes a grupos distintos sean disímiles (Yue, 2016). La medida de distancia es la más utilizada para realizar comparaciones entre atributos de las instancias. El proceso de clustering es utilizado para generar levantamiento de perfiles, y según el contexto de aplicación permite identificar grupos de: clientes, trabajadores, pacientes de hospitales, etc. (Maimon & Rokach, 2010).

Existen varios métodos para generar los agrupamientos, y cada uno utiliza un principio de inducción diferente. Por ejemplo, Fraley y Raftery proponen 2 tipos de métodos de clustering: jerárquicos y de particiones (Fraley & Raftery, 2007). Han y Kamber proponen, 3 tipos de clustering basados en: densidad, modelos y rejillas (Han & Kamber, 2006).

Se pueden encontrar diversos tipos de visualizaciones para modelos de clústeres:

- **Coordenadas Paralelas:** este diagrama se compone de un eje horizontal y varios ejes verticales. Cada eje vertical representa a una variable, cuyos valores son representados a lo largo de su eje horizontal. Para variables numéricas, los valores se ordenan de menor a mayor. Cada línea poligonal de este diagrama corresponde a una instancia o fila del conjunto de datos, y se mueve entre los ejes verticales dependiendo de los valores que le corresponde en cada variable. Este gráfico acompañado con elementos de interacción como transparencia y filtros, provee una visualización potente para objetos con muchas dimensiones.
- **Gráfico de Dispersión:** permite observar la relación que existe entre dos variables numéricas, y corresponde al tipo de gráfica más utilizada para modelos de clustering. Cada punto corresponde a los valores en las coordenadas (x, y) . A cada grupo se le asigna un color y sus instancias también toman ese color, de esta forma es fácil identificar a que grupo pertenecen. Las instancias del conjunto de datos son graficadas con un máximo de 3 dimensiones.
- **Matriz de Diagramas de Dispersión:** es una generalización de un diagrama de dispersión que permite observar de manera simultánea, el comportamiento de variables numéricas en varias dimensiones. Es una herramienta de exploración de datos, que permite comparar un conjunto de instancias con respecto a todos sus atributos. Este gráfico muestra todas las combinaciones de gráficos de dispersión entre dos variables, en una sola vista bajo una estructura matricial. Para n dimensiones se muestran n filas y columnas.

- **Dendrograma:** es la forma más simple en la cual una estructura jerárquica de datos puede ser representada, y corresponde a un gráfico con forma de árbol (dendro; significa árbol). Los ítems de datos son representados por las hojas en el nivel final de la estructura del árbol, mientras que los nodos en el nivel más alto, son los que representan a los grupos o clústeres de los ítems de datos, con diversos niveles de semejanza (Jain & otros, 1999). La manera clásica de representar el dendrograma es dibujarlo como árbol enraizado, con la raíz anclada centralmente en el tope de la imagen, y las ramas de los nodos-hijos hacia abajo utilizando líneas derechas o diagonales.
- **RadViz:** es una técnica de visualización de coordenadas radiales. Muestra todos los atributos como puntos anclados al perímetro de una circunferencia, y separados en forma equidistante dependiendo de la cantidad de atributos. Dentro del círculo, se muestran las instancias en forma de puntos, los cuales están dispuestos en el gráfico. Toma como base al paradigma del tensor proveniente de la física de partículas, puntos de la misma clase se atraen entre sí, los de diferente clase se repelen, y las fuerzas resultantes se ejercen sobre los puntos de anclaje. Una ventaja de RadViz es que conserva simetrías de los datos, y su desventaja es la superposición de puntos (Hoffman & Grinstein, 2002).
- **Diagrama de Voronói:** aplicable a técnicas que generan centroides, y consiste en una partición del espacio euclidiano. Para cada par de centroides, se crean bisectrices perpendiculares, las cuales generan segmentos paralelos entre ellos. Este tipo de visualización para clúster genera polígonos para cada grupo, donde las instancias se distribuyen en su interior.
- **Densidad de Grupos:** corresponde a una visualización donde se pueden observar las densidades de cada grupo. Se muestra la región que cubre cada clúster, y se puede realizar análisis de las instancias.
- **Gráfico de Radar:** en este gráfico cada instancia es graficada como un polígono en un espacio radial, y sus aristas son generadas en relación a la magnitud de sus dimensiones, las instancias pertenecientes a mismos grupos presentan los mismos colores. Las figuras geométricas que presenten similitudes en su estructura corresponden a objetos similares.

4. Revisión de Trabajos Relacionados

El primer trabajo analizado corresponde a una solución de visualización para modelos de clústeres jerárquicos, propuesta por Long, cuya hipótesis principal es que existen dos grandes problemas para visualizarlos (Long, 2011):

- i. La gran cantidad de datos limita la visualización de un modelo de clústeres, ya que el espacio en pantalla no permite observar todas las instancias.
- ii. Cuando el número de dimensiones es mayor a 3, no se pueden visualizar todos los atributos simultáneamente.

Esta propuesta de solución consiste en dos pasos: clustering y visualización. Con esto ayuda a los analistas de datos, a entender la distribución de un conjunto de datos con alta dimensionalidad. En el primer paso, se utilizan técnicas de algoritmos jerárquicos para generar clústeres. En el segundo paso, se proporcionan dos métodos para visualizar los

resultados. El primer método de visualización utiliza un gráfico optimizado de estrellas, que minimiza el solapamiento. En el segundo método de visualización, se combinan las técnicas de; coordenadas paralelas, disposición radial para estructuras jerárquicas, y coordenadas paralelas circulares. La Figura 1, muestra la utilización de coordenadas paralelas enlazadas con visualización radial de árboles jerárquicos. El diagrama de coordenadas paralelas ubicados en la parte derecha, es desplegado interactivamente con la selección de clústeres del lado izquierdo.

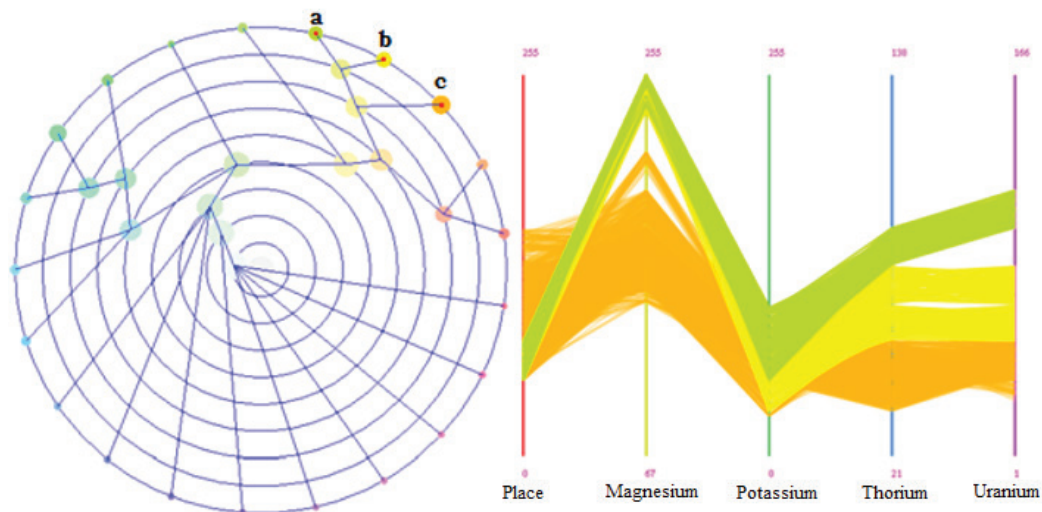


Figura 1 – Coordenadas paralelas enlazadas a visualización radial de clústeres jerárquicos

En el ejemplo de la Figura 1, se muestran las coordenadas paralelas correspondientes a los nodos *a*, *b* y *c* seleccionados previamente en el gráfico jerárquico, estos representan la concentración de minerales. Se puede observar en el diagrama de coordenadas paralelas, que los nodos *a* (verde) y *b* (amarillo) presentan una mayor cantidad de magnesio que el nodo *c*, y el nodo *a* presenta una mayor cantidad de uranio con respecto a los otros dos nodos seleccionados. A través de la selección de instancias es posible realizar comparaciones de componentes del modelo generado.

Un segundo trabajo relacionado plantea un entorno visual interactivo para modelos de clustering, en un contexto de análisis de documentos de textos, y que genera grupos con base en la frecuencia de las palabras. La Figura 2, muestra la interfaz principal de este entorno visual, en la cual existen diversos elementos para el análisis de clúster: coordenadas paralelas, vistas de relación para clústeres, vistas de árboles, entre otros. Este esquema visual provee diversos mecanismos de interacción para refinar resultados de un proceso de clustering. También permite filtración de datos fuera de rango y reagrupamiento de datos (Lee & otros, 2012).

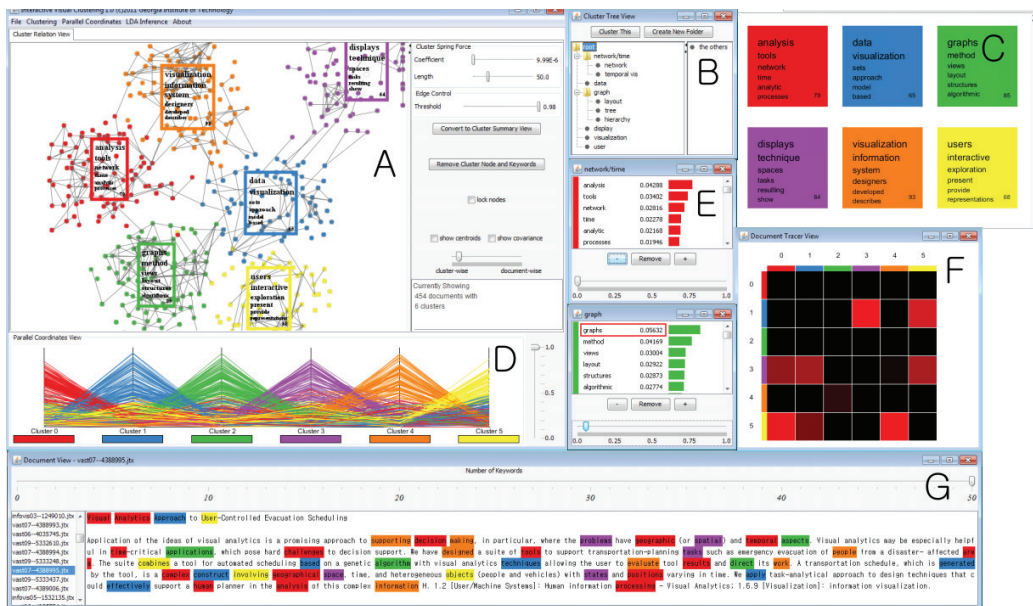


Figura 2 – Entorno visual de modelos clustering para análisis de textos

Se puede ver en el ejemplo de esta Figura 2, en la sección principal del entorno, que existen 454 documentos que son segmentados en 6 grupos. Esta sección principal denominada A, está acompañada con otras 6 secciones que aportan vistas complementarias y vinculadas al modelo, etiquetadas con las letras B hasta la G. En la sección A se ve cómo se relacionan los documentos de cada clúster, el clúster rojo se relaciona con el clúster verde, naranja y azul. En la sección B se tiene una vista de árbol de clústeres, en donde se mantiene la estructura jerárquica con tópicos definidos por el usuario. En la sección C se ven las palabras que más se repiten en los documentos, y en la sección D las coordenadas paralelas vinculadas entre los clústeres. La sección E corresponde a una vista donde se muestra el peso de cada palabra. La sección F presenta una vista de trazado de documentos con un gráfico mapa de calor, que muestra los cambios de miembros que han ocurrido entre clústeres. Finalmente, en la sección G se pueden seleccionar documentos interactivamente y se despliega el texto con las palabras marcadas.

El tercer trabajo revisado tiene relación con métricas que se utilizan para la comparación de instancias de clústeres. En este aspecto, Grabusts presenta un trabajo donde realiza un análisis de los resultados obtenidos por el algoritmo K-medias, con un conjunto de datos determinado. Para la generación de los clústeres, utiliza las métricas: distancia Euclidiana, distancia de Manhattan y coeficiente correlación de Pearson. Se concluye en este estudio, que los resultados obtenidos son muy similares con cada métrica utilizada, y que la correlación de Pearson, le entrega mejores valores para todos los clústeres (Grabusts, 2011).

En cuanto a la evaluación de modelos de clustering, en la literatura existen diversos criterios, que se dividen en internos y externos, para la evaluación de clústeres. No obstante, sólo algunos de estos son aplicados, entre los cuales destacan: la suma del

error cuadrático (SSE), el índice de Dunn, y el índice de Davies-Bouldin (Maimon & Rokach, 2010). El análisis de clúster es considerado como un proceso de aprendizaje no supervisado, es decir el resultado no puede ser comparado con un valor conocido previamente. Por lo tanto, las matrices de confusión y las métricas de precisión utilizadas en tareas predictivas, no son aplicables para estos casos.

Los criterios de evaluación internos miden la compacidad de los clústeres a través de alguna medida de similitud, y por lo general miden la homogeneidad y separabilidad dentro de los clústeres, para esto consideran las distancias: intra-clúster e inter-clúster. Esto permite comparar cuantitativamente instancias de distintos clústeres, y medir el nivel de homogeneidad de los clústeres, lo cual permite conocer la conformación de los grupos generados por el proceso de clustering. En cuanto a los criterios de evaluación externos, pueden ser útiles para examinar si la estructura de los clústeres coincide con alguna clasificación previa. En estos casos se realiza una clasificación previa del conjunto de datos y posteriormente se comparan los resultados. Por ejemplo, para una secuencia de datos temporales con alta dimensionalidad, se puede aplicar el análisis de componentes independientes para la extracción de sus características (Zhu, 2015).

Por otro lado, también se revisaron 5 herramientas de MD entre las más utilizadas hoy en día, en relación a la representación visual que ofrecen sobre modelos de clústeres, y particularmente: el nivel y calidad de visualización, si provee métricas, y el nivel de interacción en tres tipos de gráficos seleccionados. Se califica el nivel de visualización, considerando la cantidad de elementos visuales que la herramienta tiene. Si es menor a 2, su calificación es baja, si es igual a 2 se califica regular, y mayor a 2 es buena. Para medir el nivel de interacción en los gráficos, se tiene en cuenta el número de interacciones disponibles, por cada elemento visual: menor a 3 es bajo, entre 3 y 4 regular, y mayor a 4 es alto.

Se puede observar desde la Tabla 1, que R es la herramienta más completa, aunque no dispone del gráfico radar, y que junto a Weka son las únicas que proporcionan métricas para el análisis de clústeres. No obstante, R es un entorno de programación que maneja la generación de modelos y visualización, a través de código con la librería llamada Ggobi (Dianne & Deborah, 2007).

Herramientas	Nivel de Visualización	Mecanismos de Interacción	Provee Métricas
<i>Orange</i>	Regular	Coordenadas paralelas: Regular Gráfico de radar: N/A Gráfico de dispersión: Regular	No
<i>Weka</i>	Bajo	Coordenadas paralelas: N/A Gráfico de radar: N/A Gráfico de dispersión: Regular	Sí
<i>R</i>	Alto	Coordenadas paralelas: Alto Gráfico de radar: Bajo Gráfico de dispersión: Alto	Sí
<i>Knime</i>	Alto	Coordenadas paralelas: Regular Gráfico de radar: Bajo Gráfico de dispersión: Regular	No
<i>SPSS Modeler</i>	Regular	Coordenadas paralelas: Bajo Gráfico de radar: N/A Gráfico de dispersión: Bajo	No

Tabla 1 – Características de Herramientas de MD Analizadas

Finalmente, en esta revisión de trabajos relacionados, también se analizan dos enfoques que sirven como referencia para establecer las bases del diseño de la propuesta de este trabajo de investigación.

Por un lado, está el campo de Analítica Visual descrita por Keim y otros, que se centra en el proceso de análisis y manejo de grandes volúmenes de datos (heterogéneos y dinámicos), mediante integración del juicio humano sobre representaciones visuales, y mecanismos de interacción. Combina áreas de: visualización, MD, y estadística. En este enfoque, visualización es una etapa central del proceso, que se orienta no sólo a la descripción visual de datos (entradas), sino que es fundamental para la construcción del modelo (proceso), y para representar el conocimiento obtenido a través de patrones (salida) (Keim & otros, 2010).

El segundo enfoque tomado como referencia, es el esquema de Visualización Aumentada para Modelos (VAM) en un proceso de MD, propuesto por Castillo y otros. Este esquema considera como ejes centrales: visualización de modelos para su análisis exploratorio, modelos de percepción visual, mecanismos de interacción, combinación de técnicas de MD, y métricas para comparar componentes del modelo. Presenta un modelo de percepción visual e interacción del usuario, centrado en la etapa de construcción y ajuste del modelo en un proceso de MD, y establece una forma de explorar el modelo original y sus componentes, considerando las características o ejes indicados recientemente (Castillo & Otros, 2015).

5. Diseño del Esquema VIMC

El esquema propuesto en este trabajo se denomina Visualización Interactiva para Modelos de Clústeres (VIMC), que permite al analista de datos explorar y analizar visualmente un modelo de clústeres, en la etapa de construcción y ajuste. Está orientado principalmente a tratar conjuntos de datos de alto volumen y alta dimensionalidad, y su arquitectura de diseño se puede observar en la Figura 3. Este esquema, como se señala al final de la sección anterior, tiene como base dos enfoques: analítica visual (Keim & otros, 2010), y visualización aumentada de modelos (Castillo & Otros, 2015).

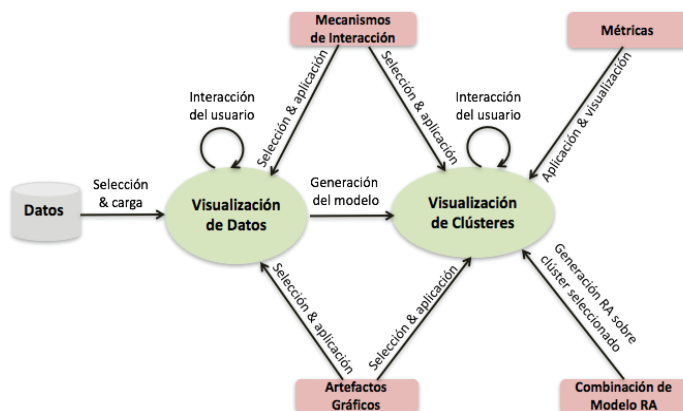


Figura 3 – Arquitectura del Esquema VIMC

Como se puede ver en la Figura 3, el esquema VIMC consta de dos estados representados por óvalos: Visualización de Datos, y Visualización de Clústeres:

1. **Visualización de Datos;** en este primer estado el analista de datos puede interactuar para realizar análisis exploratorio sobre los datos, utilizando artefactos gráficos y mecanismos de interacción apropiados. Para esto, las funcionalidades requeridas son: seleccionar y cargar el conjunto de datos de entrada o vista minable. El conjunto de datos debe ser previamente preparado, ya que el esquema VIMC no considera la preparación preliminar de la vista minable. Esta preparación del conjunto de datos se puede realizar utilizando herramientas de extracción, transformación y carga, conocidas como ETL (Extract, Transform, Load).
2. **Visualización de Clústeres;** la transición a este segundo estado ocurre cuando el analista de datos solicita la generación del modelo de clústeres, y para esto debe indicar el número de clústeres como parámetro. El analista de datos en este estado, puede interactuar directamente con el modelo de clústeres generado, seleccionando y aplicando los mismos artefactos gráficos y mecanismos de interacción del primer estado. Adicionalmente, puede aplicar y visualizar métricas sobre los clústeres y sus instancias, así como también tiene la opción de generar modelos de RA sobre clústeres seleccionados. Esto último para obtener una vista complementaria de cada clúster.

Para dar soporte a estos dos estados, para el diseño de la arquitectura del esquema visual VIMC se consideran 4 elementos fundamentales, los primeros dos elementos deben estar disponibles para los dos estados; visualización de datos y visualización de clústeres. Mientras que los dos siguientes elementos, sólo deben estar disponibles para el segundo estado (visualización de clústeres):

- i. **Artefactos Gráficos:** define un conjunto de artefactos gráficos vinculados, y apropiados para representar conjuntos de datos y modelos de clústeres, de gran volumen y alta dimensionalidad. Como resultado del estudio del arte se logran determinar los elementos visuales más apropiados, para abordar estas complejidades, estos gráficos son: matriz de diagramas de dispersión, coordenadas paralelas, gráfico de radar y circular.
- ii. **Mecanismos de Interacción:** establece la necesidad de contar con un conjunto de mecanismos de interacción ad-hoc para que el analista de datos, pueda moverse a través del conjunto de datos y el modelo de clústeres. De este modo, utilizando las diferentes vistas provistas por los artefactos gráficos y los mecanismos de interacción, el analista debe tener la posibilidad de recorrer y explorar las componentes o instancias, ya sea del conjunto de datos o del modelo de clústeres. Por ejemplo, seleccionando instancias de distintos clústeres para compararlas entre sí. Para esto, es necesario definir para cada artefacto gráfico, los mecanismos de interacción o acciones requeridas para apoyar estas labores, y en este caso son los que se indican en la Tabla 2:
- iii. **Métricas:** una vez que el analista de datos genera el modelo de clústeres y pasa al segundo estado, requiere métricas para evaluar el modelo y comparar instancias de distintos clústeres, así como también para medir la compacidad o dispersión de cada clúster. Para esto, se consideran necesarias algunas métricas

	Selección y Realce	Selección y Enlace	Zoom y Paneo	Filtro	Reordenar	Detalle
<i>Coordenadas Paralelas</i>	No	No	No	Si	Si	No
<i>Gráfico de Radar</i>	Si	No	No	No	No	Si
<i>Diagrama de Dispersión</i>	Si	Si	Si	Si	No	Si
<i>Gráfico Circular</i>	No	No	No	No	No	No

Tabla 2 – Mecanismos de Interacción para VIMC

que utilizan criterios de evaluación interna. Se han seleccionado tres medidas: suma del error cuadrático medio (SSE), índice de Davies-Bouldin (DB-Index), y la distancia Euclidiana. Las dos primeras, se requieren para medir el nivel de compacidad o dispersión de los clústeres, y la tercera para la generación de los clústeres.

- iv. Combinación de Modelo RA: en el segundo estado, el analista de datos puede obtener una vista complementaria de cada clúster, aplicando la técnica RA sobre un clúster seleccionado. Con esto, logra ampliar la descripción del modelo de clústeres, utilizando la capacidad de la técnica RA para determinar relaciones existentes entre atributos del conjunto de datos. La razón por la cual se ha seleccionado la técnica RA, radica en que se trata de una técnica descriptiva, que a través de reglas permite tener una mirada adicional de la conformación de los clústeres.

6. Implementación del Esquema VIMC

El esquema VIMC se implementa a través de un entorno visual web bajo una arquitectura cliente-servidor. El lado del cliente, se encarga de generar las visualizaciones e interacciones, y es en el servidor, donde se ejecutan los algoritmos de clustering y RA, y también se calculan las métricas. Se utiliza para la generación de los clústeres el algoritmo “*K-medias*”, y el algoritmo “*A priori*” para generar las RA. El entorno visual está desarrollado principalmente utilizando JavaScript tanto en el lado del cliente como del servidor. Su motor gráfico y de interacciones es D3.js. Para calcular las métricas y realizar las llamadas a los algoritmos de MD se utiliza Node.js.

En la Figura 4, se presenta la interfaz principal del entorno visual, una vez que el usuario ha seleccionado y cargado el conjunto de datos a analizar. Esta parte representa el primer estado del esquema VIMC (visualización de datos). En este estado, el analista puede llevar a cabo un análisis multidimensional de los datos, pudiendo seleccionar múltiples instancias para ser comparadas. El diagrama de dispersión y las coordenadas paralelas son gráficas vinculadas, de modo tal que el usuario al seleccionar una instancia o variable en unos de los gráficos, se resalta automáticamente en el otro.

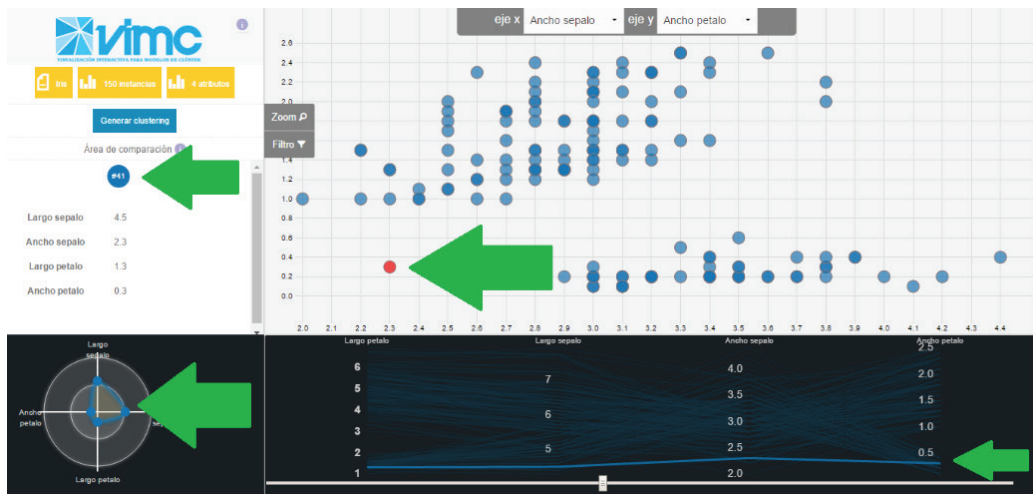


Figura 4 – Interfaz del Estado 1: Visualización de datos

Además, en estos gráficos el usuario puede utilizar los mecanismos de interacción descritos para cada uno en la Tabla 2. La matriz de dispersión se presenta de a un diagrama, el usuario puede seleccionar los atributos que requiere para su análisis, a través de las coordenadas (x, y) , los gráficos enlazados se actualizan de manera simultánea en la pantalla. Se puede observar además en esta misma figura, dos instancias seleccionadas en color rojo, que son señaladas con flechas de color verde en el diagrama de dispersión, y simultáneamente son destacadas con líneas de color azul en el gráfico de coordenadas paralelas en la parte baja de la interfaz.

Los valores de los atributos de las instancias seleccionadas, son agregadas al área de comparación de la parte izquierda de la interfaz, como se indica también con una flecha verde, y son visualizadas en el gráfico de radar ubicado en el vértice inferior izquierdo. De esta forma, es posible comparar cuantitativamente dos o más instancias, con el objetivo de encontrar diferencias o similitudes en sus características.

Una vez que el usuario hace clic en el botón de opción para generar el modelo de clústeres, se pasa al segundo estado en el esquema VIMC (visualización de clústeres), y la interfaz es la que se presenta en la Figura 5. Se puede apreciar que además de los gráficos y mecanismos de interacción provistos en el estado 1, el analista dispone de una vista multidimensional del modelo de clústeres generado, a través de una matriz de diagramas de dispersión que puede configurar según los atributos que requiera analizar, el cual también está enlazado con el gráfico coordenadas paralelas. Se colorean automáticamente las instancias de cada clúster en todas las vistas de los diferentes artefactos gráficos. En esta Figura aparecen 3 clústeres: azul para el clúster 1, naranja para el clúster 2 y verde para el clúster 3.

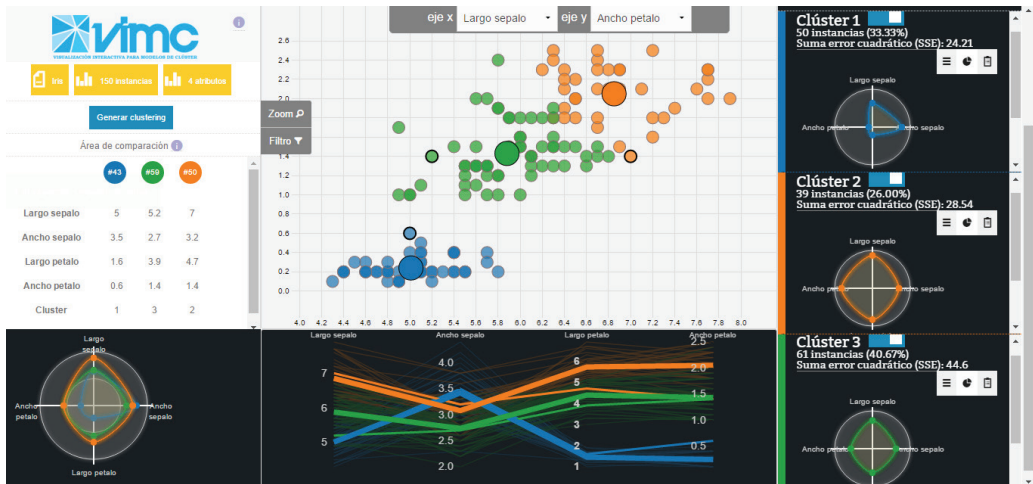


Figura 5 – Interfaz del Estado 2: Visualización de Clústeres

También se puede observar, que aparece una nueva sección en el extremo derecho de la interfaz. En esta sección aparecen vistas complementarias que son provistas con: gráfico circular con los clústeres, la descripción de los clústeres junto al valor de sus métricas (SSE y DB-Index) y el gráfico de radar de cada clúster.

Adicionalmente, como se señala anteriormente, el usuario puede obtener vistas complementarias del modelo de clústeres, con la aplicación de una técnica de RA sobre cada clúster, la cual permite describir relaciones existentes entre atributos de las instancias. La técnica RA está disponible para cualquier conjunto de datos, y el usuario puede proporcionar como parámetro el porcentaje de confianza y cobertura requerido. Esto combinado con el gráfico de radar del clúster, puede complementar el análisis exploratorio de las RA, por ejemplo, puede determinar que atributos tienen más peso en un clúster. También, el gráfico de radar permite comparar los clústeres en cuanto a su compacidad o dispersión, ya sea a nivel de instancias como aparece en el vértice inferior izquierdo de la interfaz, como en la sección del extremo derecho a nivel de clústeres.

En resumen, el entorno visual del esquema VIMC incorpora todas las características y elementos definidos en el diseño de su arquitectura, entregando al usuario herramientas que le permitan analizar con mayor profundidad modelos de clústeres, en la etapa de construcción y ajuste dentro de un proceso de MD. Estas herramientas están orientadas, por un lado, a apoyar al análisis cualitativo o subjetivo del modelo a través de vistas complementarias y, por otro lado, apoyar el análisis cuantitativo u objetivo con el uso de las métricas implementadas, tanto para comparar instancias como para comparar clústeres.

7. Prueba, Evaluación y Resultados

Para estimar el valor práctico de las características definidas en el esquema VIMC e implementadas en un entorno visual web, se ha llevado a cabo un experimento controlado

con usuarios experimentados en procesos de MD, para obtener sus percepciones subjetivas sobre la utilidad del esquema propuesto. Para esto, se ha diseñado una tarea de MD, que consiste en generar un modelo de clústeres a partir de un conjunto de datos determinado, para que los usuarios participantes en el experimento utilicen el entorno visual y desarrollen esta tarea. Luego, se ha diseñado una encuesta en línea que recoge las evaluaciones de las distintas características del esquema de visualización VIMC.

7.1. Descripción del Experimento

El experimento se realizó con un universo de 23 personas, los cuales tienen distintos niveles de experiencias en procesos de MD, y en el uso de herramientas de MD. La totalidad de los participantes tienen formación en informática a nivel de pre-grado y postgrado.

La experimentación se ha llevado a cabo en 3 etapas:

En primer lugar, los usuarios deben acceder a la siguiente URL: <http://vimc.inf.unap.cl>. En esta dirección, ellos encuentran un tutorial con animación que explica el trabajo de investigación, el acceso y uso del entorno visual, y también la encuesta en línea que deben responder, una vez que analicen el modelo de clústeres presentado.

Primera Etapa – Tutorial: en esta etapa, se explica el trabajo de investigación, y las características principales del esquema VIMC. También, el usuario conoce los aspectos generales del entorno visual.

Segunda Etapa – Entrenamiento: el usuario trabaja con el entorno visual y un conjunto de datos de entrenamiento, donde puede interactuar libremente generando un modelo de clústeres, comparar instancias, y aplicar RA en el modelo. El objetivo de esta etapa, es familiarizar al usuario con el entorno visual, y la usabilidad que proporciona para: generar, explorar y analizar un modelo de clústeres.

Tercera Etapa – Evaluación: en esta tercera etapa se presenta al usuario, el resultado del proceso de clustering con un segundo conjunto de datos, en el cual se han generado 2 clústeres. Además, ha sido aplicada la técnica RA al primer clúster, y dos elementos han sido seleccionados (uno de cada clúster). Esta etapa tiene como objetivo, que el usuario debe observar y analizar el modelo de clústeres presentado, para luego responder una encuesta en línea, la cual permite evaluar el esquema VIMC y el entorno visual.

El conjunto de datos utilizado en las etapas 1 y 2, es conocido como Iris, y contiene 150 registros de 3 tipos de flores. En donde los primeros 50 registros son del tipo Setosa, los siguientes 50 registros son Virgínica, y los últimos 50 registros son Versicolor. Cada registro tiene 4 atributos (longitud del pétalo, longitud del sépalo, anchura del pétalo, y anchura del sépalo).

Para la etapa 3, se utilizó el conjunto de datos llamado Wine que contiene 1000 registros de vinos con 12 atributos (acidez fija, acidez volátil, ácido cítrico, azúcar residual, cloruros, dióxido de azufre libre, dióxido de azufre total, densidad, pH, sulfatos, y grado de alcohol). No obstante, el entorno visual permite manejar cualquier conjunto de datos, y sólo se requiere que esté en el formato abierto CSV.

La encuesta diseñada para la validación del trabajo, consiste en 22 preguntas divididas en 6 secciones: información del participante, visualizaciones, análisis sobre el modelo de clústeres, análisis de RA, comparación de objetos, y sobre el esquema VIMC.

7.2. Discusión de Resultados

Todos los participantes, de la experimentación, expresan una alta valoración del esquema VIMC y su entorno visual. Respecto a las tres características del esquema propuesto, se puede observar desde el gráfico de la Figura 6 a), que la mayoría ha evaluado a la herramienta como muy buena con un 70%, y buena con un 30%, en relación al nivel de interacciones que proporcionan sus elementos visuales. La combinación de modelos de MD es bien considerada por los usuarios, con un 30% muy buena y 57% buena, y esta misma valoración obtienen las métricas que permiten comparar la compacidad y dispersión de los clústeres.

En relación al nivel de utilidad de los elementos visuales disponibles, para describir tanto datos como instancias en los clústeres, se puede observar desde el gráfico de la Figura 6 b), que los usuarios entregan la más alta valoración para el diagrama de dispersión, con un 87% de apreciación positiva (61% muy buena y 26% buena), en segundo lugar, al gráfico radar, con un 73% (dividida en 43% muy buena y 30% buena). Y, en tercer lugar, las coordenadas paralelas, con un 61% de valoración positiva (9% muy buena y 52% buena), y que, además, obtienen la mayor valoración negativa (26% regular y 13% mala).

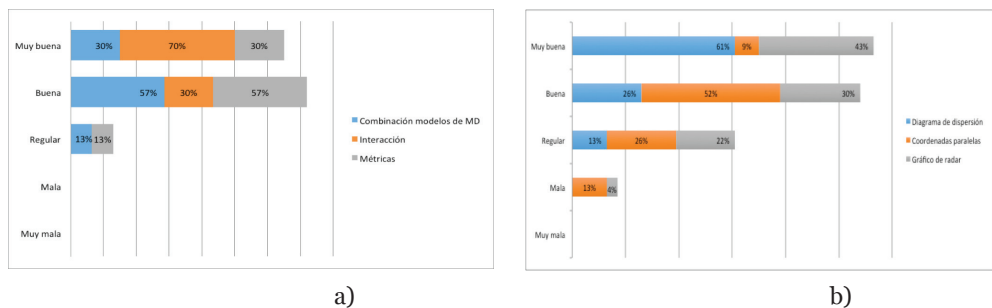


Figura 6 – Valoración de las Características de VIMC

Al consultar a los participantes si la generación de un modelo de RA sobre un clúster, ayuda a mejorar la comprensión de éstos, un 95% afirma que sí, mientras que sólo un 4% señala lo contrario. Cuando se les pregunta; si la comparación de instancias ayuda a comprender de mejor forma como se componen los clústeres, un 35% responde estar totalmente de acuerdo, un 57% está de acuerdo, y sólo un 9% no está de acuerdo. En cuanto a las métricas disponibles, un 30% de los usuarios considera que su utilidad es muy buena, un 57% cree que es buena, sólo un 13% piensa que es regular, y ninguno piensa que es mala o muy mala.

Una de las tareas del experimento tiene por objetivo, validar el análisis visual que consigue el usuario con la herramienta. Y para esto, el usuario debe observar dos clústeres, y

luego determinar cuál de los dos es más disperso. Su respuesta es comparada con la métrica (SSE), que determina empíricamente la dispersión de los clústeres. Se obtiene como resultado que el 91% de los participantes, ha podido responder correctamente que clúster tiene mayor dispersión, y que corresponde al segundo clúster presentado. Esto es corroborado con su valor para SSE de 15.057, frente al primer clúster que sólo tiene un valor para SSE de 10.806.

Finalmente, frente a la pregunta: si el esquema VIMC, apoya la comprensión de un modelo de clústeres; el 48% de los participantes responde estar totalmente de acuerdo, y un 52% está de acuerdo. Esto significa que la totalidad de los participantes, evalúan positivamente el esquema visual propuesto.

8. Conclusiones y Trabajo Futuro

Respecto a las conclusiones obtenidas en este trabajo, destacan las siguientes:

- Los resultados del trabajo de investigación son muy alentadores, ya que la mayoría de los participantes en el experimento dan una valoración positiva sobre las características del esquema VIMC.
- El entorno visual logra una evaluación positiva en cuanto a: usabilidad, mecanismos de interacción, y gráficos implementados. Estos últimos, permiten un análisis exploratorio apropiado del conjunto de datos y del modelo de clústeres. Destaca la alta valoración de las interacciones implementadas en cada elemento visual, y también entre los artefactos gráficos, el diagrama de dispersión es el que obtiene mejor evaluación.
- En cuanto a las métricas provistas, si bien sus evaluaciones son buenas no son las que se esperaban, por lo que se considera una oportunidad de mejora para una próxima versión del entorno visual, principalmente en lo que se relaciona con visualización de estas métricas.
- La combinación de técnicas de MD, aunque es valorada positivamente la aplicación de RA sobre cada clúster, la idea es mejorar y evaluar su representación visual, de modo que sean más entendibles por parte de los usuarios.
- El esquema VIMC a través de su entorno visual, logra el objetivo de apoyar en la comprensión de un modelo de clústeres, en particular con conjunto de datos de alto volumen y alta dimensionalidad. El análisis visual del usuario en la experimentación, fue corroborado con métricas, y ambas medidas coinciden, por ejemplo, en reconocer si un clúster es más compacto que otro.
- En relación al trabajo futuro, este tiene relación con los siguientes aspectos:
- Seleccionar y aplicar nuevos artefactos gráficos, que puedan ser de mayor utilidad en la exploración de los datos, y de los clústeres, preferentemente para conjunto de datos con alta dimensionalidad.
- Por el momento, VIMC utiliza el algoritmo K-medias con la distancia Euclidiana. Este algoritmo trabaja sólo con conjuntos de datos numéricos. Se propone incorporar otros algoritmos de clustering, y con otras medidas de distancia.
- Una mejora interesante, es integrar todos los algoritmos de MD que proporciona Weka.

Referencias

- Castillo, W. & Meneses, C. (2012). A Comparative Review of Schemes of Multidimensional Visualization for Data Mining Techniques. III Congreso Internacional de Computación e Informática del Norte de Chile (INFONOR-CHILE). Arica – Chile.
- Castillo, W., Meneses, C. & Medina, C. (2015). Augmented visualization for data-mining models. *Journal: Elsevier Procedia Computer Science.*, 55, pp. 650–659. DOI: 10.1016/j.procs.2015.07.063
- Dianne, D. & Deborah, F. (2007). *Interactive and Dynamic Graphics for Data Analysis: With R and Gobi*, ISBN 978-0-387-71762-3.
- Fraley, C. & Raftery, A. (2007). Model-based methods of classification: Using the mclust Software in Chemometrics. University of Washington Seattle, United States. DOI: 10.18637/jss.v018.i06.
- Grabusts, P. (2011). The choice of metrics for clustering algorithms. Letonia. ISBN 978-9984-44-071-2.
- Han, J. & Kamber, M. (2006). *Data Mining: Concepts and Techniques*, 2º ed., Estados Unidos, Elsevier. ISBN: 9781558609013.
- Hoffman, P. & Grinstein, G. (2002). A Survey of Visualizations for High-Dimensional Data Mining, in: Fayyad U., Grinstein G. G., Wierse A. (eds.), *Information Visualisation in Data Mining and Knowledge Discovery*, Morgan Kaufmann Pub., San Francisco, pp. 47–85.
- Jain, A., Murty, M. & Flynn, P. (1999). Data Clustering: A Review, *ACM Computing Surveys*, 31(3), pp. 264–323.
- Keim, D., Kohlhammer, J., Geoffrey, E. & Mansmann, F. (2010). *Mastering the Information Age Solving Problems with Visual Analytics*. Edited by the authors Published by the Eurographics Association Postfach 8043, Printed in Germany, Druckhaus Thomas Müntzer GmbH, Bad Langensalza. Theoretical Issues in Ergonomics Science. Vol. 8, Nº 1, ISBN 978-3-905673-77-7.
- Lee, H., Kihm, J., Choo, J., Stasko, J. & Park, H. (2012). iVisClustering: An interactive visual document clustering via topic modeling. In *Computer Graphics Forum* (Vol. 31, No. 3pt3, pp. 1155-1164). Blackwell Publishing Ltd.
- Long, T. (2011). *Visualizing High-density Clusters in Multidimensional Data*. Bremen, Germany. DOI 10.1007/s00180-011-0271-3.
- Maimon, O. & Rokach, L. (2010). *Data Mining and Knowledge Discovery Handbook*, 2nd ed. Springer Science+Business Media. Edited by Maimon and Rokach, Tel-Aviv University, Israel. ISBN 978-0-387-09822-7.
- Meneses, C. & Grinstein, G. (2001). Visualization for Enhancing the Data Mining Process. In *Proceedings of the Data Mining and Knowledge Discovery: Theory, Tools, and Technology III Conference*. Orlando, FL.

- Witten, I. H. & Frank, E., (2005). Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques, 2nd Edition. Morgan Kaufmann series in data Management Systems. ISBN: 0-12-088407-0.
- Yue, W. (2016). Research on the Clustering Analysis Algorithm for Data Mining. Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información (RISTI), E6, pp. 209–221.
- Zhu, Z. (2015). A Clustering Method for High-dimensional Data Analysis in Stock Market. Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información (RISTI), 17A, pp. 209–221.

Recuperación de información a través del índice invertido en *Be Intelligent*

Sodel Vázquez-Reyes, María de León-Sigg, Perla Velasco-Elizondo,
Juan Villa- Cisneros, Sandra Briceño-Muro¹

vazquezs@uaz.edu.mx, mleonsigg@uaz.edu.mx, pvelasco@uaz.edu.mx, jlvilla@uaz.edu.mx,
sgbm0592@gmail.com

¹ Universidad Autónoma de Zacatecas, Ctra. Zacatecas-Guadalajara, Km. 6, Ejido La Escondida, 98160,
Zacatecas, México.

DOI: 10.17013/risti.21.85–98

Resumen: Los avances en el almacenamiento de información han producido un aumento significativo de las colecciones de documentos digitales. La información contenida en estas colecciones es vital para la toma de decisiones, de manera que almacenar, indexar y recuperar información específica de estas colecciones es clave en las organizaciones, como lo establece el concepto de “búsqueda empresarial”. Sin embargo, con la información almacenada en diferentes medios y formatos de archivo, la recuperación es una tarea compleja que los sistemas basados en palabras clave no resuelven completamente. Para proporcionar una solución a la administración de documentos digitales de *ADD Intelligence in Aviation*, se desarrolló el sistema *Be Intelligent* que utiliza un índice invertido para indexar y recuperar fácilmente los contenidos de documentos que satisfacen una consulta hecha en lenguaje natural. De esta manera se reduce el tiempo para encontrar la información que la empresa necesita durante la inspección de aeronaves.

Palabras-clave: índice invertido, recuperación de información, precisión, ranking recíproco promedio, búsqueda empresarial.

Information retrieval through inverted index in Be Intelligent system

Abstract: Advances in information storage have produced a significant rise of digital document collections. The information contained in these collections is vital to decision making, so store, index and recover specific information from these collections is key in organizations, as “enterprise search” concept establishes. However, with information stored in different media and file formats, retrieval is a complex task that systems based on keywords do not completely solve. To offer a solution to store, index and recover digital document contents for *ADD Intelligence in Aviation* enterprise, *Be Intelligent* system was developed. *Be Intelligent* uses an inverted index to easily index and recover the contents of documents that satisfy a natural language query. As a result, time to find information needed to inspect airplanes, is reduced.

Keywords: Inverted index, information retrieval, precision, mean reciprocal rank, enterprise search.

1. Introducción

Para mantenerse en competencia, las empresas necesitan tener acceso a grandes cantidades de información con la finalidad de mejorar y agilizar sus procesos de negocio. Sin embargo, los sistemas computacionales que recuperan documentos de una colección a través de palabras clave en una consulta de usuario, ya no son suficientes para satisfacer las necesidades de información, que generalmente están expresadas en lenguaje natural y que, por lo tanto, pueden ser semánticamente ambiguas.

En este contexto, ha aparecido el término de “búsqueda empresarial” (enterprise search), definido como la búsqueda en material digital de texto que pertenece a una organización, y que incluye la búsqueda en el sitio externo de la empresa, su intranet y en cualquier otro material electrónico de almacenamiento de texto como lo son los correos electrónicos, los registros en las bases de datos y los documentos compartidos (Stocker et al., 2014), (Hawking, 2004). La investigación en el campo de la búsqueda empresarial ha mostrado problemáticas que no pueden ser resueltas del todo con los sistemas de recuperación de información en base a palabras clave. Una de estas problemáticas tiene que ver con el tiempo para hacer búsquedas, que ocupa hasta el 25% del tiempo del trabajador que hace la búsqueda (Stocker, Richter, Kaiser, & Softic, 2015), y la segunda problemática trata con los aspectos relacionados con las implicaciones de la búsqueda manual de documentos que no siempre están disponibles para quien los necesita (Jadaan & Stenmark, 2008). Por ello, se espera que de alguna manera un sistema de recuperación de información sea capaz de interpretar los contenidos de un documento, extrayendo la información buscada pero también decidiendo la relevancia de la misma (Baeza-Yates & Ribeiro-Neto, 2011; Faria et al., 2015). Además, las estrategias utilizadas para aligerar procesos de software existentes en las pequeñas y medianas empresas deberían analizar los procesos para su adecuado aligeramiento, tal que, puedan obtenerse procesos optimizados que apoyen a la mejora continua de las organizaciones (Miramontes, Muñoz, Calvo-Manzano & Corona, 2016). En las pequeñas y medianas empresas la inversión en software si tiene relación directa con su direccionamiento estratégico, esto debido a que se percibe el valor agregado por el procesamiento de los datos que generan información relevante para la toma de decisiones (Riascos, Aguilera & Achicanoy 2016).

Esta necesidad ha transformado la recuperación de información en un importante campo de investigación y el desarrollo de sistemas computacionales que deben: *a)* ser capaces de procesar rápidamente grandes colecciones de documentos; *b)* permitir operaciones flexibles de búsqueda, y *c)* permitir la clasificación de la información recuperada (Manning, Raghavan, & Schütze, 2008). En este sentido, el propósito final de los sistemas de recuperación de información es ofrecer mecanismos que permitan a las empresas adquirir, producir y transmitir, al menor costo, datos e información con los atributos de calidad, precisión y validez, que sean útiles para la toma de decisiones (Arévalo, 2007). Sin embargo, es importante especificar que la función principal requerida de un sistema de recuperación de información no es devolver la información deseada por el usuario, sino indicar qué documentos son potencialmente relevantes para satisfacer su necesidad de información, porque, de hecho, un usuario de un sistema de recuperación de información está interesado en algún tema y no en los datos específicos que satisfacen una consulta. Los sistemas de recuperación de información tratan con texto, generalmente escrito en lenguaje natural, no bien estructurado y semánticamente ambiguo (Lara Navarra & Martínez Usero, 2006). En consecuencia, los documentos recuperados se consideran

útiles o no útiles, y la utilidad se juzga en términos de grados de efectividad, siendo la medida estándar la utilidad del documento recuperado (Blair, 2006).

En este documento se presenta el resultado de la investigación de búsqueda empresarial aplicado a *ADD Intelligence in Aviation*, una organización dedicada a la inspección de aeronaves, que dio como resultado el desarrollo de *Be Intelligent*, un sistema de recuperación de información que hace uso de índices invertidos para recuperar documentos relevantes para el personal de la empresa.

En la siguiente sección se describe la forma de trabajo de *ADD Intelligence in Aviation* previo al uso del sistema de recuperación de información. Posteriormente, se explica el uso de índices invertidos en sistemas de recuperación de información. En la sección cuatro se describen las métricas usadas para poder valorar la utilidad de los resultados del sistema *Be Intelligent*. En seguida, en la sección cinco se presentan los módulos principales del sistema *Be Intelligent*, así como las tecnologías utilizadas durante su construcción. La sección seis contiene la descripción de las pruebas realizadas a *Be Intelligent* para validar su utilidad en la empresa, y, finalmente, la sección siete contiene las conclusiones y los trabajos futuros del desarrollo que se presenta en este artículo.

2. ADD Intelligence in Aviation

ADD Intelligence in Aviation es un centro de ingeniería aeronáutica especializado en inspecciones físicas en aviones. En la actualidad, *ADD Intelligence in Aviation* trabaja con clientes distribuidos en ciudades mexicanas como Toluca, Ciudad de México y Sonora, pero también desarrolla proyectos en Seattle, WA, Santiago de Chile, en Chile, y Qetta, en Pakistán.

Cuando un proyecto de inspección comienza, los ingenieros de *ADD Intelligence in Aviation*, recopilan diferentes manuales, plantillas de inspección y otros documentos necesarios para verificar una aeronave asignada. Estos documentos se almacenan en diferentes formatos de archivos digitales, incluidos *.pdf, *.docx y *.xls. La colección de documentos se alimenta con manuales desarrollados por *ADD Intelligence in Aviation*, plantillas de inspección y directivas de aeronavegabilidad obtenidas en sitios web de diferentes agencias de aviación, como la Asociación de Transporte Aéreo Internacional, la Agencia Europea de Seguridad Aérea y el Mantenimiento de American Airlines. La colección de documentos se almacenaba en un disco duro externo perteneciente a la empresa. El acceso a este disco duro se realizaba a través de la red local de *ADD Intelligence in Aviation*, todo esto como parte de las políticas internas de la empresa, así como de los procesos de negocio de la organización. Esta situación implicaba que, si un ingeniero estaba trabajando fuera del alcance de la red local, realizaba una solicitud de alguna información que consideraba conveniente para el trabajo de inspección que estaba llevando a cabo. De manera local se hacía la búsqueda en el disco duro mencionado, se filtraban de manera manual los resultados de la misma, y se le enviaba al ingeniero solicitante una colección de documentos por correo electrónico o mediante un servicio de intercambio de archivos como Google Drive o Dropbox. Este proceso de recuperación de información implicaba tiempo de búsqueda y de envío, y dependía de la habilidad del personal que hacía el filtrado de manera manual de los documentos almacenados, de su conocimiento de los documentos existentes y de la organización del material almacenado. Por todo esto, se necesitaba un sistema que permitiera consultar

el contenido de los documentos almacenados en el disco duro, independientemente de la localización física del ingeniero que realizaba la consulta y que permitiera confirmar si ésta había sido útil para la inspección de aeronaves.

3. Estructura de datos de índice invertido para la recuperación de información.

Sabemos que la construcción de índices es necesaria para llevar a cabo búsquedas eficientes. Una estructura de datos llamada índice invertido, proporciona acceso a una lista de documentos que contienen el término buscado. El índice invertido es una lista de palabras y documentos en los que aparecen el término.

La mayoría de los sistemas de recuperación de información se basan en la estructura de datos de índice invertido. Esto permite acceder rápidamente a una lista de documentos que contienen un término junto con otra información (por ejemplo: el peso del término en cada documento, la posición relativa del término en cada documento, etc.). En recuperación de información, los objetos que son recuperados se denominan genéricamente “documentos”. Dada una consulta proporcionada por el usuario, el motor de recuperación utiliza el índice invertido para ordenar por relevancia los documentos que contienen los términos de la consulta. Los términos que se consideran no informativos, son artículos, preposiciones y pronombres (el, en, de, a, etc.), llamados *stop-words*, y a menudo son ignorados.

El índice invertido explora el hecho de que, dada una consulta proporcionada por el usuario, la mayoría de los sistemas de recuperación de información sólo están interesados en mostrar un pequeño número de documentos que contienen algún término de la consulta. Debido a que todos los documentos están indexados por los términos que contienen, el proceso de generación, construcción y almacenamiento de las representaciones de documentos se denomina indexación y los archivos invertidos resultantes se denominan índice invertido. La construcción de un índice invertido para mantener cualquier tipo de sistema de búsqueda requiere realizar una serie de pasos: almacenar los documentos, eliminar las *stop-words* y, finalmente, fusionar y almacenar los términos en el índice invertido (Manning et al., 2008). El proceso de construcción del índice o indexación se muestra en la Figura 1.

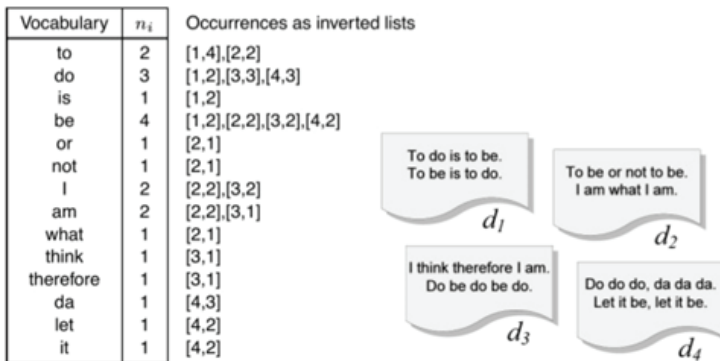


Figura 1 – Proceso de construcción del índice (Martín-Daucasa, 2012) .

4. Métricas para los documentos recuperados por un sistema de recuperación de información

Como la utilidad es un criterio complejo para medir, porque se basa principalmente en el juicio de alguien (usuario o no usuario) (Arquero Avilés & Salvador Oliván, 2004), se utilizan comúnmente varias métricas. Ejemplos de éstas son la *Precisión*, el *Ranking Recíproco* y el *Ranking Recíproco Promedio*. La *Precisión* (1) se define como la proporción de documentos relevantes recuperados (Martínez Méndez, 2004). Esta métrica evalúa la capacidad del sistema para posicionar primero la mayoría de los documentos relevantes y mide el porcentaje de documentos recuperados que tienen relevancia (Martínez Méndez, 2004). Su cálculo se obtiene con

$$Precisión = \frac{\text{documentos relevantes recuperados}}{\text{documentos recuperados}} \quad (1)$$

Por otro lado, el *Ranking Recíproco* - *RR* (2), se utiliza para medir la capacidad del sistema para recuperar documentos relevantes en las posiciones más altas en la lista de resultados. Se calcula mediante la siguiente ecuación (Levene, 2010):

$$RR = \frac{1}{\text{ranking}(i)} \quad (2)$$

Donde *ranking(i)* se refiere a la posición del documento que contiene la información correcta para la consulta *i*, y *RR* será *cero* si la información buscada no se encuentra en ningún documento.

Por último, el *Ranking Recíproco Promedio* - *MRR* (3) es el promedio de los valores *RR* para todas las consultas (Levene, 2010). Esta métrica da la puntuación más alta a los documentos que se encuentran en las primeras posiciones de la lista de resultados, ya que mide la precisión y el orden de los resultados correctos (Levene, 2010). Esta métrica se calcula con:

$$MMR = \frac{\sum_{i=1}^{|Q|} RR}{|Q|} \quad (3)$$

Donde *RR* es el *Ranking Recíproco*, mostrado en (2), y *Q* es el número de consultas. Para facilitar la recuperación de documentos o partes de documentos, se crean índices. De esta forma, los índices, proporcionan a los usuarios medios efectivos y sistemáticos para ubicar documentos relevantes que satisfagan las necesidades o peticiones de información (Anderson, 1997). Hay varias estructuras de índice, un índice invertido es un mecanismo orientado a palabras formadas por dos elementos: 1) el vocabulario, definido como el conjunto de diferentes términos (palabras) en los textos; y 2) las listas de ocurrencias, definidas como la lista de documentos en los que aparece un término determinado (Manning et al., 2008).

5. Sistema *Be Intelligent*.

El sistema *Be Intelligent* contiene dos módulos principales: uno para el almacenamiento e indexación de la información, como se puede observar en la Figura 2, y uno para la recuperación de documentos, que se muestra en la Figura 3. El primer módulo (Figura 2), permite almacenar los documentos en un servidor y enviar datos, metadatos y contenido de los documentos al índice. A este módulo solamente tienen acceso los administradores del sistema, que son quienes previamente reúnen y valoran los documentos que serán almacenados e indexados. El sistema soporta formatos de archivos digitales .pdf, .xls, .xlsx, .txt, .doc y .docx. Los datos a capturar, y que son enviados al servicio de indexación, son: título del documento, autor del documento, número de páginas, año de publicación, imagen descriptiva para la identificación del documento y archivo que contiene el documento. Esta información es la que se utiliza para generar el índice que permite la recuperación del documento.

Para la construcción de este módulo se utilizó Apache Solr, que provee el soporte para la indexación. Esta herramienta de código libre es una API escrita en Java que es capaz de realizar consultas mediante frases y búsquedas por proximidad, y que actualiza el índice simultáneamente.

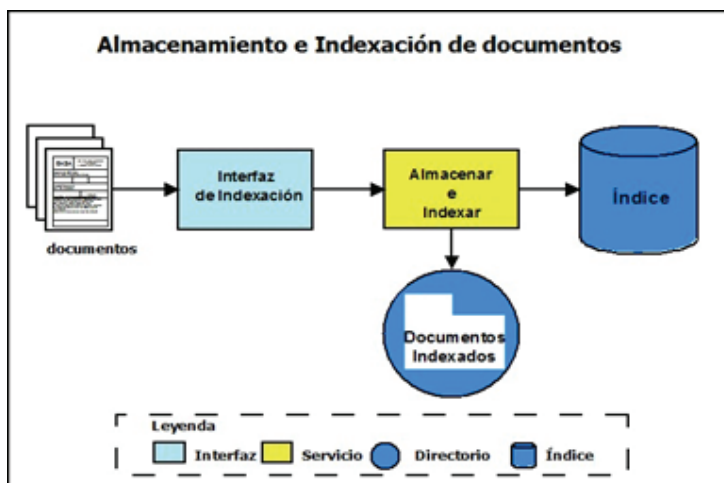


Figura 2 – Módulo de almacenamiento e indexación de documentos

El módulo de recuperación de información recibe una consulta en lenguaje natural y solicita al motor de recuperación de información los documentos que coinciden con la consulta (Figura 3). Este módulo tiene dos elementos fundamentales, el primero es la interfaz de búsqueda, mediante la cual los usuarios ingresan las consultas al sistema en lenguaje natural, y la segunda es el servicio de búsqueda, que procesa las solicitudes de información y muestra los resultados obtenidos durante la consulta en orden de relevancia.

El componente de interfaz contiene un formulario simple desarrollado en HTML5. El servicio de búsqueda se realiza a través de peticiones por http GET

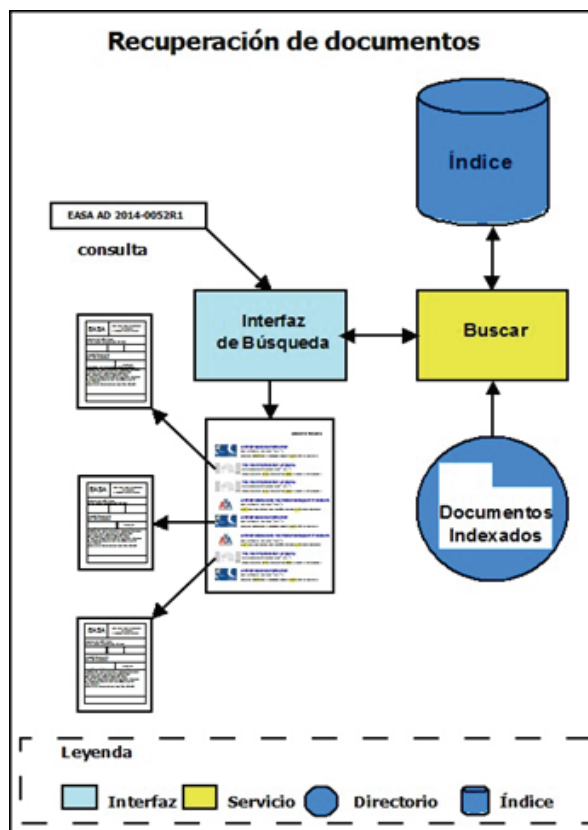


Figura 3 – Módulo de recuperación de documentos

6. Evaluación al sistema *Be Intelligent*.

Como se describió en la Sección 4, existen varias métricas para evaluar un sistema de recuperación de información. En esta sección se presentan los valores obtenidos para esas métricas con el sistema *Be Intelligent*.

Para evaluar el sistema *Be Intelligent*, creó una colección. La colección contiene 300 documentos: 100 de ellos con información relacionada con el control, mantenimiento e inspecciones de aeronaves; 115 documentos con información sobre ingeniería de software y 85 documentos con información para el desarrollo de investigación y la recuperación de información. Además, se crearon dos grupos de usuarios, cada uno con cinco usuarios de prueba, como se describe a continuación:

Grupo 1: Estudiantes de ingeniería de software, sin experiencia en sistemas de recuperación de información, sin una necesidad específica de información.

Grupo 2: Ingenieros de *ADD Intelligence in Aviation*, con necesidades específicas de información para realizar las inspecciones de aeronaves asignadas.

Las pruebas se organizaron en dos fases. La primera fase corresponde a una consulta breve; la fase dos corresponde a consultas largas. Esta dos fases permite la evaluación en la recuperación de documentos relevantes obtenidos por el sistema *Be Intelligent*. Cada fase consistió en los siguientes pasos: a) acceso a la opción *Discover* en el sistema *Be Intelligent*; b) búsqueda de un concepto o una frase dependiendo de la fase (en la Figura 4 se muestra una captura de pantalla del sistema para la búsqueda con el término *airplane*); c) revisión de los documentos recuperados; d) registro de la cuenta del total de documentos encontrados, el número total de documentos relevantes identificados y la posición del documento recuperado más relevante, todo esto en un formulario web después de cada consulta.

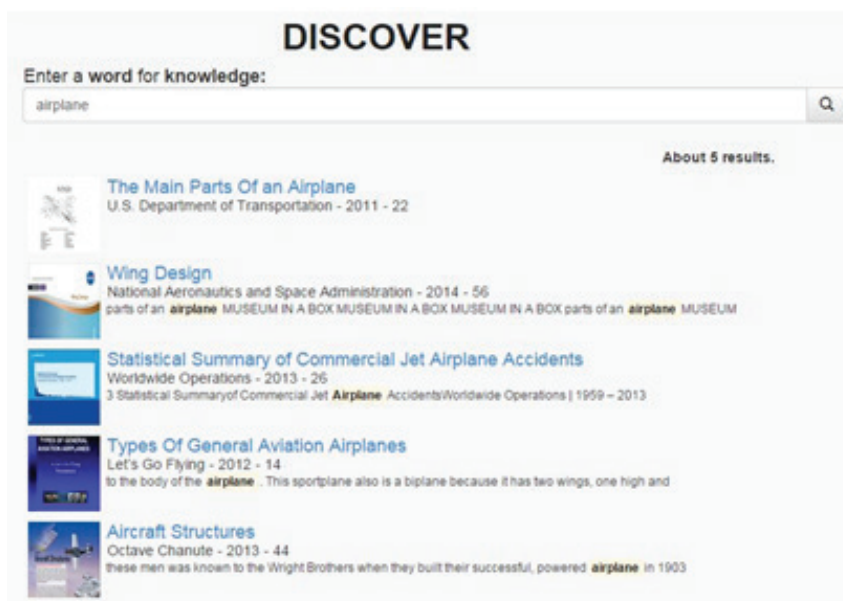


Figura 4 – Captura de pantalla de los documentos recuperados por el sistema *Be Intelligent* cuando se busca el término “airplane”.

Los resultados obtenidos para cada grupo y cada fase (descritos en la Sección 6), se muestran a continuación.

6.1. Resultados del grupo 1.

Fase 1. La Figura 5 muestra la *Precisión* calculada para el Grupo 1-Fase 1. Ninguna búsqueda obtuvo 1.0 y la *Precisión* promedio fue de 0.73. Los mejores resultados fueron obtenidos por los usuarios de las prueba tres y cinco, con un valor de 0.78. Este valor se considera aceptable porque el dominio de la consulta para este grupo fue más amplio.

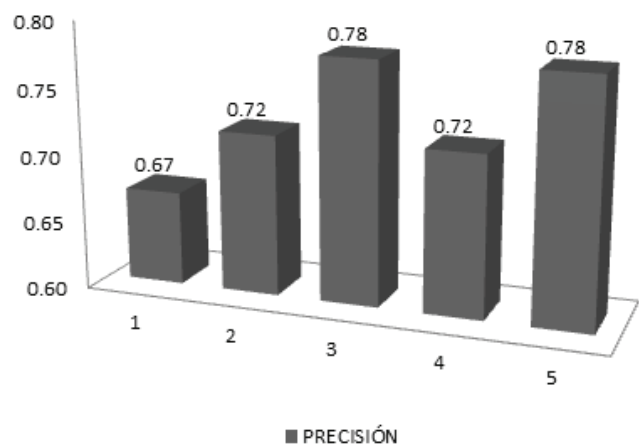


Figura 5 – *Precisión* calculada para el Grupo 1 - Fase 1.

El *Ranking Recíproco Promedio (MRR)* calculado para las consultas del Grupo 1-Fase 1 se muestra en la Tabla 1. En esta tabla se observa que el primer documento relevante se ubicó en la tercera posición, en las consultas tres y cuatro. Con estos datos, *MRR* fue de 0.27. Este valor estuvo lejos del valor ideal de 1.0, pero debería considerarse que el nivel de experiencia del grupo es bajo por lo que sus consultas eran menos específicas y el dominio de la consulta era más amplio. Debido a esto, *Be Intelligent* respondió adecuadamente en este contexto.

Usuario	Ranking	RR
1	4	$1/4 = 0.25$
2	5	$1/5 = 0.20$
3	3	$1/3 = 0.33$
4	3	$1/3 = 0.33$
5	4	$1/4 = 0.25$
MRR		= 0.27

Tabla 1 – *Ranking Recíproco Promedio* calculado con los resultados del Grupo 1-Fase 1.

Fase 2. Los resultados obtenidos con una consulta larga realizada por el Grupo 1-Fase 2, se muestran en la Figura 6. En esta figura se puede observar que los usuarios uno y dos obtuvieron una *Precisión* de 1.0, mientras que el valor promedio de *Precisión* es 0.89, que está muy cerca del valor ideal de 1.0.

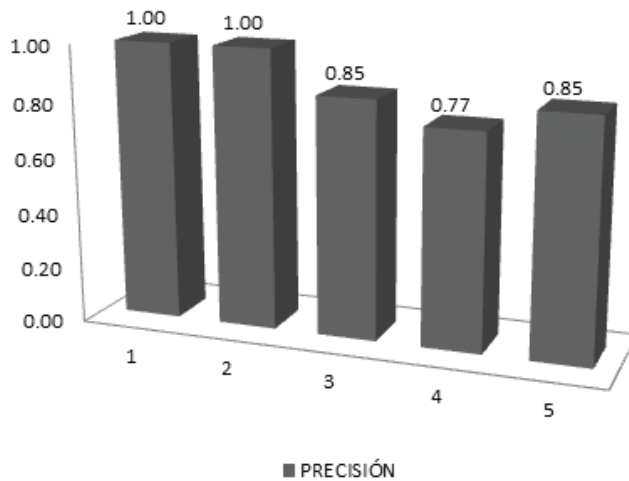


Figura 6 – *Precisión* calculada para el Grupo 1- Fase 2

El *MRR* para el documento recuperado en esta fase fue 0.29, como se muestra en la Tabla 2. Los resultados con los documentos relevantes mejor posicionados fueron las consultas uno, tres y cinco, donde el primer documento relevante se encontró en la tercera posición. El valor *MRR* es el esperado porque el sistema no responde a consultas largas con un grupo de un bajo nivel de experiencia.

Usuario	Ranking	RR
1	3	$\frac{1}{3} = 0.33$
2	5	$\frac{1}{5} = 0.20$
3	3	$\frac{1}{3} = 0.33$
4	4	$\frac{1}{4} = 0.25$
5	3	$\frac{1}{3} = 0.33$
MRR		= 0.29

Tabla 2 – *Ranking Recíproco Promedio* calculado con los resultados del Grupo 1-Fase 2

6.2.Resultados del Grupo 2

En esta sección se muestran los resultados obtenidos con el Grupo 2. Los ingenieros de *ADD Intelligence in Aviation* formaron este grupo, y por ello su nivel de experiencia con los sistemas de búsqueda es alto, así como sus necesidades de información son claras.

Fase 1. En esta fase, la consulta establecida fue la directiva *FAA-2013-0695*, un término muy específico. La *precisión* promedio fue de 0.67, y los usuarios tres y cuatro obtuvieron un valor de 1.0 de *precisión*. Sin embargo, los usuarios dos y cinco obtuvieron

valores de *precisión* por debajo del promedio porque necesitaban más detalles sobre la directiva, como se muestra en la Figura 7. De acuerdo con estos resultados, un 67% de los documentos recuperados fueron relevantes, debido a esto, el sistema respondió adecuadamente durante esta parte del experimento.

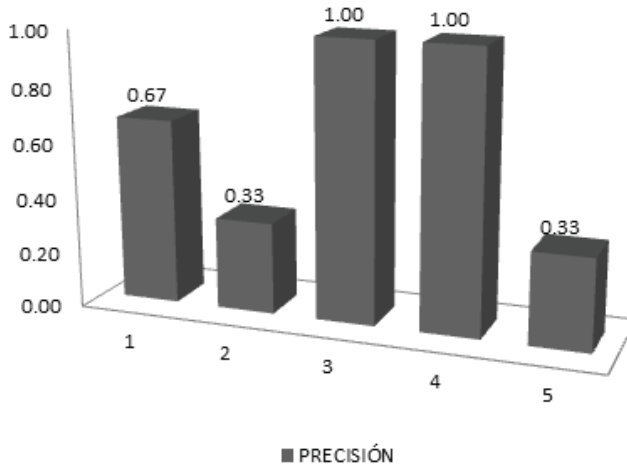


Figura 7 – La precisión calculada para el Grupo 2-Fase 1.

A partir de los datos presentados en la Tabla 3, se muestra que *MRR* es 1.0, porque todos los usuarios de la prueba indicaron que el primer documento mostrado era el más relevante para esta consulta. El primer documento recuperado fue juzgado como útil; por esta razón, el sistema se juzga como efectivo.

Usuario	Ranking	RR
1	1	$1/1 = 1$
2	1	$1/1 = 1$
3	1	$1/1 = 1$
4	1	$1/1 = 1$
5	1	$1/1 = 1$
MRR		= 1.0

Tabla 3 – *Ranking Recíproco Promedio* calculado con los resultados del Grupo 2-Fase 1

Fase 2. Los datos se muestran en la Figura 8. La *precisión* promedio para esta fase del experimento fue de 0.83, lo que indica que más del 80% de los documentos recuperados son relevantes, mejorando la toma de decisiones del ingeniero.

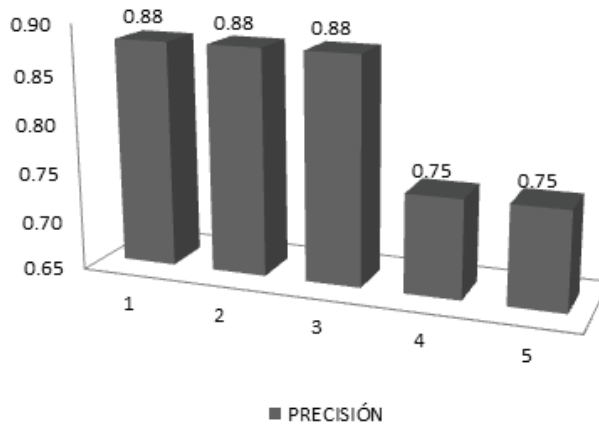


Figura 8 – *Precisión* calculada para el Grupo 2 Fase 2

En la Tabla 4, se muestran los cálculos *RR* y *MRR*. Como puede observarse, en el 80% de las consultas el documento con la información más relevante para la consulta se encuentra en la primera posición. Debido a esto, el ingeniero encontró información relevante sin perder demasiado tiempo revisando otros documentos no relevantes.

Usuario	Ranking	RR
1	1	$1/1 = 1$
2	1	$1/1 = 1$
3	2	$1/2 = 0.5$
4	1	$1/1 = 1$
5	2	$1/2 = 0.5$
MRR		= 0.80

Tabla 4 – *Ranking Recíproco Promedio* calculado con los resultados del Grupo 2-Fase 2

7. Conclusiones

Los sistemas computacionales utilizados para recuperar información a partir de una gran colección de documentos deben ser capaces de reducir el tiempo de búsqueda y permitir la clasificación de la información recuperada en orden de relevancia al menor costo, pero con alta calidad y precisión para ser útiles en la toma de decisiones. *ADD Intelligence in Aviation* necesitaba tal sistema, y en esta investigación, se mostraron los resultados de la implementación de una estructura de datos de índice invertido en el sistema *Be Intelligent*. Se pueden identificar dos contribuciones principales del sistema *Be Intelligent*. En primer lugar, la creación de un esquema de almacenamiento e indexación que facilita la gestión de la información de documentos de uso rutinario

en una empresa. Además el esquema de indexación permite incluir de forma cómoda nuevos documentos en la estructura de indexación, la esencia del sistema *Be Intelligent*.

En segundo lugar, se proporcionó un método fácil, rápido y preciso para acceder a su colección de documentos a través de consultas expresadas en lenguaje natural. Los usuarios ahora pueden recuperar la información necesaria para realizar la inspección de aeronaves, sin la necesidad de hacer una búsqueda en un disco duro externo y sin invertir demasiado tiempo revisando documentos no relevantes.

De esta manera, la aplicación de índice invertido está ayudando a la empresa para cumplir sus deberes de una forma más productiva.

Podemos describir como un trabajo futuro mejorar la recuperación de información usando un algoritmo con un enfoque de recuperación de pasajes. Podría consistir en cuatro puntos: 1.- Ejecutar una recuperación completa de documentos, 2. Dividir los documentos recuperados en pasajes, 3.- Ejecutar la recuperación de pasaje contra el conjunto de pasajes creado en los puntos 2, y 4.- Listar los pasajes relevantes recuperados ordenados por relevancia. Para decidir si una estrategia de recuperación de pasajes es útil o no, es necesario evaluar su capacidad para recuperar pasajes de forma eficiente.

Referencias

- Anderson, J. D. (1997). *Guidelines for Indexes and Related Information Retrieval Devices*. Bethesda, MD.
- Arévalo, J. A. (2007). Gestión de la Información, Gestión de Contenidos y Conocimiento. In *II Jornadas de Trabajo del Grupo SIOU* (pp. 1–15). Universidad de Salamanca.
- Arquero Avilés, R., & Salvador Oliván, J. A. (2004). La Investigación en Recuperación de Información: Revisión de Tendencias Actuales y Críticas. *Cuadernos de Documentación Multimedia*, (15), 2–3.
- Baeza-Yates, R., & Ribeiro-Neto, B. (2011). *Modern Information Retrieval: The Concepts and Technology behind Search* (2nd. editi). Addison-Wesley Professional.
- Blair, D. C. (2006). The data-document distinction revisited. *ACM SIGMIS Database*, 37(1), 77–96. DOI: 10.1145/1120501.1120507
- Faria, B. M., Gonçalves, J., Reis, L. P., & Rocha, Á. (2015). A Clinical Support System Based on Quality of Life Estimation. *Journal of Medical Systems*, 39(10), 114. DOI: 10.1007/s10916-015-0308-1
- Hawking, D. (2004). Challenges in Enterprise Search. In *Proceedings of the 15th Australasian database conference* (pp. 15–25). Australian Computer Society, Inc.
- Jadaan, T., & Stenmark, D. (2008). Knowledge Worker's Use of Electronic Resources. In *Proceedings of the 16th European Conference on Information Systems*. Galway, Ireland.
- Lara Navarra, P., & Martínez Usero, J. A. (2006). *Agentes Inteligentes en la Búsqueda y Recuperación de Información* (Segunda Ed). Barcelona, España: Planeta-UOC, S. L.

- Levene, M. (2010). *An Introduction to Search Engines and Web Navigation*. Wiley Publishing, Inc.
- Manning, C. D., Raghavan, P., & Schütze, H. (2008). *Introduction to Information Retrieval*. Cambridge University Press.
- Martín-Daucasa, C. (2012). *Desing and Evaluation of new XML Retrieval Methods and their Application to Parliamentary Documents*. Universidad de Granada.
- Martínez Méndez, F. J. (2004). *Recuperación de información: Modelos, Sistemas y Evaluación*. Murcia, España: KIOSKO JMC.
- Miramontes, J., Muñoz, M., Calvo-Manzano, J., & Corona, B. (2016) Establecimiento del estado del arte sobre el aligeramiento de procesos de software. *Revista Ibérica de Sistemas Y Tecnologías de La Información*, DOI: 10.17013/risti.17.16–25
- Riascos, S., Aguilera, A., & Achicanoy, H. (2016) Inversión en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y su relación con en el direccionamiento estratégico de las PYMES de Santiago de Cali - Colombia. *Revista Ibérica de Sistemas Y Tecnologías de La Información*, DOI: 10.17013/risti.18.1–17
- Stocker, A., Richter, A., Kaiser, C., & Softic, S. (2015). Exploring Barriers of Enterprise Search Implementation: a Qualitative User Study. *Aslib Journal of Information Management*, 67(5), 470–491.
- Stocker, A., Zoier, M., Softic, S., Paschke, S., Bischofter, H., & Kern, R. (2014). Is Enterprise Search Useful At All? Lessons Learned From Studying User Behavior. *Proceedings of the 14th International Conference on Knowledge Technologies and Data-Driven Business*, (January). DOI: 10.1145/2637748.2638425

Un método para generar explicaciones de resultados de un Sistema Experto, usando Patrones de discurso y Ontología

Víctor Flores ¹, Yahima Hadfeg ²

vflores@ucn.cl, yahima.hadfego1@ucn.cl

¹ Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación. Universidad Católica del Norte. Av. Angamos 0610 Antofagasta, Chile.

² Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación. Universidad Católica del Norte. Av. Angamos 0610 Antofagasta, Chile.

DOI: [0.17013/risti.21.99-114](https://doi.org/10.17013/risti.21.99-114)

Resumen: Los Sistemas Expertos (SE) usualmente generan árboles de inferencia de tamaño considerable, antes de mostrar los resultados relativos al comportamiento de sistemas dinámicos complejos a los usuarios interesados en dicho comportamiento. Estos árboles de inferencia, a pesar de incluir información que podría contribuir a comprender mejor los resultados mostrados por un SE, no son presentados a los usuarios ya que pueden ser complejos de comprender y pueden agrandar considerablemente (e innecesariamente) las salidas del SE. Sin embargo, estos árboles de inferencia contienen importante información acerca de cómo un SE infiere y concluye respecto al comportamiento del sistemas dinámicos complejos, y además pueden ayudar a crear confianza en los resultados aportados por el SE. Este documento describe un método para crear explicaciones basadas en las conclusiones parciales por las que transita un SE, para concluir a cerca del comportamiento de un sistemas dinámicos complejos. Las entradas a nuestro método son: el árbol de inferencia y el conocimiento del dominio representado mediante una Ontología. La salida del método es un plan de generación de presentación que usa patrones de discurso y estructuras discursivas (plantillas de texto y directivas gráficas), este conocimiento también es representado usando una Ontología. El documento describe también la arquitectura del software para generar las explicaciones y los casos de prueba diseñados en el contexto de un caso de estudio en el dominio de sistemas dinámicos complejos.

Palabras-clave: Sistemas Expertos; Sistemas de data-to-text; Representación de conocimiento en sistemas dinámicos; Ontologías; Sistemas Inteligentes de generación de presentaciones multimedia.

A method for generating explanations of results of an Expert System, using Speech Patterns and Ontology

Abstract: Expert systems (ES) usually generate extensive inference-trees before showing to users a definitive result related to a complex dynamic system (DS)

behavior. These inference-trees are not included in the results but it could provide additional information to understand the overall performance of a DS. They contain a set of statements that describe the knowledge about the truths of the DS plus a set of constraints that can give statements that must be true in the DS behavior. This document describes a method to generate explanations based on the conclusions reached by an ES respect to the DS behavior, using a specific ontology and discourse patterns. The input of the method is an intermediate- state tree (the inference-tree) and a specific knowledge-domain represented by the ontology. The document describes the software architecture to generate the explanations and the testing cases designed to validate the results in a complex real domain, such as the copper bioleaching domain.

Keywords: Expert System; data-to-text system; intelligent multimedia presentation systems; interactive data analysis; knowledge representation for dynamic systems.

1. Introducción

Los Sistemas Expertos complejos usualmente generan árboles de inferencia como salida intermedia antes de presentar los resultados a los usuarios finales, estas salidas intermedias pueden representar estados intermedios del sistema y pueden ayudar a mejorar la comprensión de los resultados del Sistema Experto por parte de los destinatarios (usuarios finales). Pero normalmente, no se realiza esta tarea de presentar los resultados intermedios del proceso de inferencia, porque esto puede ser complicado (desde el punto de vista computacional) y difícil de mostrar.

Por otro lado, la gestión de los sistemas dinámicos suele implicar a equipos humanos: operadores (a diferentes niveles), personal encargado de la toma de decisiones, etc. (Molina & Flores, 2012), y en general los equipos humanos están interesados no sólo en un resultado final sino también en la descripción de posibles estados del sistema dinámico durante un período de tiempo. Un ejemplo de un sistema dinámico es una pila industrial de biolixiviación de cobre. Una pila industrial de biolixiviación se divide en pisos, y cada piso en franjas.

Generalmente una pila industrial de biolixiviación se construye con material sobrante (ripio, denominado ROM) que ya ha sido procesado con otras técnicas para obtener metales (Demergaso et al., 2010), (Data, 2013). Este material se caracteriza por ser de baja calidad (baja ley) pero con él se puede obtener metales y además causar menos impacto ambiental. La biolixiviación es el proceso que utiliza ROM y poblaciones de microorganismos para obtener metales valiosos (por ejemplo, cobre) que con otra técnica no sería económicamente rentable (Soto et al., 2013), (Kaibin et al., 2014).

En la literatura se presentan varios trabajos que muestran los resultados de la incidencia de bacterias en condiciones óptimas de biolixiviación (Abdel-Fattah, Haggag & Mahmoud, 2011). Por ejemplo, en el Centro de Biotecnología Profesor Alberto Ruiz se está desarrollando un Sistema Experto para mejorar el conocimiento actual sobre la biolixiviación de cobre.

Los Sistemas Expertos se vienen usando en las industrias modernas para varias tareas, entre ellas para soporte a la toma de decisiones, monitoreo en tiempo real o

para generar rápidamente alertas a los operadores en caso de fallas en los sistemas o procesos industriales. La industria moderna, como por ejemplo la minería, es compleja por la cantidad de procesos que involucra y parte de esa complejidad está sustentada por elementos como: complejas redes de sensores (para recolección de datos) y de comunicaciones, enormes cantidades de datos que deben ser analizados, complejas vistas y conocimiento complejo necesario para manejar los sofisticados procesos industriales.

En este contexto, usualmente los Sistemas Expertos (también conocidos como Sistemas Basados en Conocimiento) generan extensos árboles de inferencia, estados intermedios y datos que son guardados en robustas bases de datos. Esta información podría ser analizada y presentada a los usuarios, a la vez que se presentan las conclusiones de los Sistemas Expertos.

Contar con esa información puede ayudar a comprender mejor y analizar más en profundidad los resultados obtenidos de un sistema experto, y puede también además servir de base a procesos de auditoría de la calidad de la información presentada por un Sistema Experto especializado en cierto dominio complejo. También, estos sistemas se pueden usar para ayudar a responder a situaciones complejas que requieran gestión de información en ciertos puntos del proceso de producción industrial.

Los sistemas reales como puede ser una mina de cobre, son sistemas dinámicos complejos que generan grandes cantidades de datos y transitan por múltiples estados que algunas veces son difíciles de determinar (Flores, 2010). Una forma de conocer el comportamiento de estos sistemas dinámicos es usando Sistemas Expertos que infieran y presenten el estado del sistema (Molina & Flores, 2012). Pero una forma de profundizar en el conocimiento del por qué un sistema experto llega a una conclusión (a un estado del sistema dinámico) es generar presentaciones de los estados intermedios por los que transita el Sistema Experto, antes de presentar una conclusión al usuario.

En este documento se describe un novedoso método presentado por Flores y colegas, descrito en (Flores et al., 2016) y que está basado en (Flores, 2010). El método ha sido diseñado para generar explicaciones de los estados por los que transita un Sistema Experto (centrado en la biolixiviación de cobre) para concluir a cerca del estado de un sistema dinámico complejo. El modelo ha sido validado en una pila de biolixiviación, en el contexto del desarrollo de un Sistema Experto para aumentar el conocimiento sobre el proceso de biolixiviación de cobre, que ha sido financiado por el Gobierno de Chile. Parte de la innovación de este método es que usa resultados de la inferencia del Sistema Experto (descripciones de estados intermedios), para generar las abstracciones que dan origen a la presentación multimedia del comportamiento de la pila de biolixiviación.

El resto de este documento está organizado de la forma siguiente, en la sección 2 se describe la metodología de trabajo ideada para generar el prototipo, en la sección 3 se describen trabajos relacionados y el estado del arte, seguidamente en la sección 4 se describe el método de la propuesta, un sistema inteligente de generación de explicaciones del comportamiento de un sistema dinámico complejo en forma multimedia. En este apartado 4 se describe tanto las tareas del método como la inferencia y el conocimiento representado usando Ontologías. En la sección 5 se describe el caso de estudio y la validación de la propuesta, seguidamente se presenta los agradecimientos y finalmente las referencias bibliográficas.

2. Metodología de desarrollo del software

El desarrollo de software ha surgido como un medio para crear valor a los productos y servicios en muchas industrias [6] incluyen la industria minera de cobre. Actualmente los productos software de calidad dependen en gran medida del desarrollo de los procesos, la calidad final y el nivel de conocimiento utilizado para construir las respuestas [6], [1].

La construcción del prototipo software fue guiado por los pasos descritos en la Fig. 1. La metodología corresponde a un proceso incremental que combina fases de Ingeniería de Software con pasos de Ingeniería del Conocimiento para generar el prototipo. Esta metodología incluye cinco pasos que se describen a continuación:

- **Identificación de requisitos**, en esta etapa se identificó la necesidad del método para generar presentaciones de forma automática de los estados transitados por un Sistema Experto antes de generar las salidas. También se identificaron los conceptos, características y relaciones entre conceptos para representar el conocimiento en la ontología del dominio; de igual forma se identificaron las descripciones y piezas gráficas más adecuadas para mostrar los estados intermedios del sistema experto.
- **Diseño**, en esta etapa se diseñaron los elementos de conocimiento y elementos discursivos que responden a lo identificado en la etapa 1, respecto a conocimiento del dominio y características de la información a presentar. También se diseñaron las tareas concretas del método para generar un plan de presentación.
- **Representación del conocimiento**, en esta etapa se diseñó el modelo del conocimiento, todo lo relacionado con el conocimiento necesario para generar el plan de presentación y las presentaciones multimedia.
- **Construcción del prototipo**, en esta etapa se construyó el prototipo según el modelo propuesto.
- **Validación**, en esta etapa se validaron la utilidad práctica y la pertinencia de las descripciones según el plan de presentación.



Figura 1 – Etapas de la metodología diseñada para construir el generador de explicaciones

3. Contexto de trabajo

En esta sección se describe el estado del arte y trabajos previos que enmarcan el contexto de trabajo. Primero hablaremos de los Sistemas Expertos y el uso que este tipo de aplicaciones software está teniendo en la industria minera, particularmente en la industria del cobre, luego hablaremos de las Ontologías como técnica de representación de conocimiento y las potencialidades que representa para este tipo de trabajos (Kimble et al., 2016), finalmente hablaremos de los modelos de presentación, patrones de discurso y elementos discursivos como piezas fundamentales en la generación de un plan de presentación y posterior presentación de información en texto y gráficos, lo que está en franca concordancia con los objetivos de esta propuesta.

3.1. Los Sistemas Experto en las industrias modernas

Un sistema experto puede ser descrito como un sistema informático que posee un conocimiento específico (conocimiento experto) representado y funciona mediante la aplicación de un mecanismo de inferencia para obtener resultados; es de interés destacar que frecuentemente, los resultados obtenidos son similares a los obtenidos por un experto humano en la solución de ciertas tareas (Yang et al., 2016). El conocimiento sirve de base para las deducciones que hace el sistema mediante el mecanismo de inferencia, los sistemas experto basados en reglas son una forma concreta que está siendo usada en sistemas dinámicos donde el conocimiento de la estructura y comportamiento es relativamente claro (no necesariamente amplio) y también se dispone de conocimiento para establecer el comportamiento, dicho conocimiento puede ser expresado en reglas (también llamadas reglas de producción).

Los Sistemas Experto basados en reglas son una forma válida de usar el conocimiento e inferir estados (Khaliq et al., 2014), (Green et al., 2014). Esto es posible porque muchas de las reglas y relaciones que gobiernan el comportamiento de un sistema dinámico se pueden representar mediante reglas, que son válidas además para simplificar la complejidad de esas reglas y relaciones (como por ejemplo leyes físicas) (Flores, 2010).

Los Sistemas experto se están usando en diversos dominios para tareas como la toma de decisiones, por ejemplo en (Yang et al., 2016) se describe un trabajo donde usa un sistema de expertos basado en reglas para analizar y predecir la preferencia de los consumidores de un nuevo producto. También en (Shabankareh & Hezarkhani, 2016) se describe un trabajo reciente en la industria de la minería de cobre; el trabajo descrito consiste en crear criterios para la futura explotación de este minera (en zonas no explotadas hasta ahora) usando conocimiento experto y la técnica de neuro-fuzzy para crear modelos y predicción de la explotación. En los sistemas expertos, la representación de conocimiento puede ser hecha de forma eficiente usando ontologías.

3.2. Ontologías como técnica de representación de conocimiento

Actualmente son varias las posibilidades para representar conocimiento de soporte a los Sistemas Inteligentes, una descripción interesante de estos tipos se puede encontrar en (Bimba et al., 2016); también es de interés mencionar que existen diversos tipos de conocimiento según trabajos como (Bimba et al., 2016), por ejemplo, actualmente se habla de bases de conocimiento lingüístico (Baker, 2014), bases de conocimiento experto

(Yager, R. R., & Zadeh, 2012), (Kerr-Wilson & Pedrycz, 2016), ontologías y bases de conocimiento cognitivo (Sánchez & Moreno, 2008), (Sicilia, 2013).

Una definición formal de ontología es la propuesta en (Gruber, 1993), que dice: "una ontología es una especificación explícita de una conceptualización". En una ontología se modela el vocabulario del dominio, básicamente usando los elementos (Mizoguchi, Vanwelkenhuysen, & Ikeda, 1995), (Taye, 2010), (Neches et al., 1991): *concepto*, *características* y *relaciones* entre conceptos. Las realizaciones de los conceptos son las *instancias* que son descritas por las características, las relaciones expresan conexiones entre conceptos. Otro elemento de una ontología es el *axioma*, que se usa para introducir restricciones entre los elementos de la ontología, por ejemplo, restricciones entre valores de instancias.

3.3. Modelo de presentación

Trabajos previos usan métodos inteligentes para generar de forma automática presentaciones que integran texto e información gráfica, un ejemplo de esto es el trabajo descrito en (Green et al., 2004). Nuestra idea de modelo de presentación está orientada a cumplir con el objetivo de generar información en formato texto y gráficos, a partir de abstracciones de comportamiento (en forma de estados intermedios) de un sistema dinámico.

En trabajos anteriores se han generado soluciones que generan texto a partir de datos y conocimiento experto, entre estas soluciones están los sistemas que usan la técnica de data-to-text (Flores et al., 2016) o los métodos como el reportado en (Molina & Flores, 2012). Una de las razones que motiva a este tipo de propuestas es la creencia de que resúmenes lingüísticos de datos numéricos (como por ejemplo series temporales) puede ser más eficaz que la presentación tradicional de estos datos, en formatos como tablas, análisis estadísticos o gráficos de evolución. Pero para lograr un resumen lingüístico es necesario contar con conocimiento semántico de aspectos conocidos del sistema.

Por lo antes descrito, se usa en esta propuesta la idea de *patrón de discurso*, que puede ser entendido como un conjunto de instrucciones que orientan la selección de *operadores de presentación* para disponerlos en un *plan de presentación*. El modelo de presentación está formado por estos elementos. A continuación se presenta una breve descripción de estos elementos.

- **Operadores de presentación.** Son los encargados de llevar a cabo las diferentes formas de presentación se utilizan varios tipos de operadores de presentación. Por ejemplo, se manejan operadores de plantillas de texto que aportan patrones de frases. Además, se manejan otros operadores para presentaciones gráficas.
- **Patrones de discurso.** Son estructuras parciales de discurso generales que expresan cómo presentar información en función de condiciones sobre el estado del sistema dinámico y el destinatario de la presentación. Los patrones de discurso establecen estrategias generales de formas de presentar información.

4. Descripción de la propuesta

Nuestra propuesta consiste de un método general para generar presentaciones multimedia a partir de los resultados de un Sistema Experto focalizado en generar abstracciones del comportamiento de un sistema dinámico complejo. Esta propuesta fue

reportada previamente en (Flores et al., 2016). A continuación se detallan los elementos del modelo propuesto. El contexto de trabajo de nuestro modelo es el siguiente:

Por un lado, el tipo de Sistema Experto considerado en esta propuesta es un Sistema Experto basado en reglas desarrollado con la herramienta Drools¹. El árbol de inferencia que se genera es capturado y volcado en un archivo con formato RDF/XML, que representa la entrada a un proceso de abstracción especialmente diseñado en nuestro modelo.

Por otro lado, el tipo de sistema dinámico debe contar con ciertas características. Primero, se debe conocer (en cierta medida, de forma que pueda generarse un modelo del dominio) las características de los componentes que lo integran y un mínimo de las relaciones (físicas, químicas, causales, etc.) que existentes entre los componentes. También deben ser sistemas gestionados bajo ciertos objetivos de producción y deben ser lo suficientemente complejos y generar abundante cantidad de datos, como para que el modelo propuesto despierte interés en los operadores y/o usuarios finales, en el sentido de que ayude a éstos a realizar tareas complejas como la toma de decisiones o la generación de alerta temprana.

A continuación se describen los elementos del modelo propuesto, usando el caso de una pila de biolixiviación para contextualizar la propuesta.

4.1. Modelo de Presentación.

El modelo de presentación contiene los criterios para crear automáticamente explicaciones sobre los resultados arrojados por el sistema experto; estos criterios ayudan a entender la dinámica del sistema. Este modelo combina formas de presentación como texto en lenguaje natural y elementos gráficos para ilustrar valores de series temporales.

El objetivo de este modelo es mejorar la visibilidad de los resultados del sistema experto, añadiendo información abstracta del árbol de inferencia. Las presentaciones multimedia son un esquema adecuado para este propósito y proporciona una manera eficiente de mostrar información compleja a partir de una fuente de datos (Molina & Flores, 2012).

La forma diseñada para esbozar las explicaciones es a través de un plan de presentación que especifica cómo presentar información. El plan de presentación maneja una base de conocimiento del dominio con dos tipos de elementos principales:

Los elementos de presentación son elementos explicativos utilizados para mostrar el estado del Sistema Experto y explicar los acontecimientos destacados. Específicamente en esta propuesta los elementos de presentación son plantilla de texto y directivas gráficas. Una plantilla de texto es una unidad de texto (segmentos de texto con variables para sustituir con información específica) a partir de los cuales se generan los textos explicativos.

Estas plantillas son frases en lenguaje natural diseñadas para comunicar de forma natural la secuencia de reglas disparadas por el Sistema Experto para llegar a una conclusión. Las variables de las plantillas de texto se instancian en tiempo de ejecución con valores concretos. La figura 2 muestra un ejemplo de una plantilla de frase en el dominio de la biolixiviación.

¹ www.drools.org

Temperatura Interna estimada para la franja <F> es de <TE> °C

Figura 2 – Ejemplo de plantilla de frase

Las directivas gráficas son los recursos didácticos que permiten comprender las causas y consecuencias de eventos expuestos o narrados mediante documentos escritos por medio de recursos educativos. También puede entenderse como unidades elementales que componen una visualización y que pueden entenderse atributos gráficos distinguibles como tamaño, color, posición, dirección, etc.

Esta propuesta aborda los operadores gráficos como instancias de gráficos de tipo barra, línea, 2D, 3D etc., los cuales son utilizados para mostrar comparaciones entre valores. Las estrategias de presentación se componen de por patrones de discurso, los cuales expresa cómo construir una parte de la presentación. Las estrategias de presentación puede entenderse como la forma de disponer de principio a fin la información en nodos de presentación (como por ejemplo texto, imágenes, etc.) y de combinar estos nodos de presentación, de forma que faciliten la comprensión de la información (Mejía, Muñoz & Muñoz, 2016).

Los patrones se formulan como una secuencia de objetivos comunicativos (entiéndase por objetivo comunicativo el propósito que tiene el sistema de transmitir información al usuario). Para esta propuesta se utiliza la narración como estructura discursiva y dentro de ésta es utilizado el estilo periodístico.

Las estrategias de presentación son seleccionadas mediante un proceso de inferencia basado en reglas. Para representar las reglas se utilizó la lógica del predicado y se realizó una pseudo-representación basada en prolog, estas reglas se guardan en el modelo de presentación conformando una base de conocimiento.

La presentación completa está formada por la selección de varios patrones de discurso escogidos en tiempo de ejecución. Cada representación de un patrón de discurso es encabezada por un objetivo comunicativo. Un patrón puede contener:

- Objetivo, está relacionado con el objetivo comunicativo principal o general de la información.
- Condiciones, estas son planteadas mediante funciones.
- Media, es donde se declaran la forma de presentación a utilizar.
- Cuerpo de la presentación.

Un ejemplo de patrón es el siguiente:

OBJETIVO:	informar_titular(x)
CONDICIONES:	existe(x) ^ final(x)
MEDIA:	plantilla-texto
CUERPO:	{“Temperatura interna estimada es” <f>”°C, para la franja” <c>}

Este patrón de discurso tiene como objetivo comunicativo global informar sobre la conclusión a la que arribó el Sistema Experto. En este patrón se manejan el operador de presentación plantilla-texto descrito anteriormente.

Cada patrón puede incluir un conjunto de condiciones para ser seleccionado, en este caso fueron llamadas las funciones $\text{existe}(x)$ y $\text{final}(x)$. La función $\text{existe}(x)$ verifica que existe un elemento x en la lista Objects que forma parte del comportamiento relevante obtenido por la tarea Extraer, mientras que la función $\text{final}(x)$ verifica que el identificador del elemento x sea el último de la lista ActivationOrder. El valor de la variable f es obtenida de la matriz Matriz_valor, mientras que la variable c es un dato que se captura en el proceso.

4.2. Ontología para el caso de estudio

Para validar el modelo fue utilizado un dominio del mundo real con suficiente complejidad, datos disponibles y un Sistema Experto que genera interpretaciones del comportamiento del sistema. Un pila de biolixiviación es un sistema dinámico real que tiene ciertas características como sigue: (1) una gran cantidad de elementos físicos complejos que podrían tener también un número significativo de características y conexiones entre ellos, (2) el sistema dinámico real es gestionado y supervisados por expertos humanos, y (3) estos expertos pueden interactuar con el sistema para cambiar su comportamiento.

Para representar el conocimiento del sistema se utilizó una ontología. La construcción de una ontología se realizó con Protégé² (Gennari et al., 2003) y usando conocimiento previo, existente en la literatura en trabajos como (Abdel-Fattah, Haggag & Mahmoud, 2011) o (Soto et al., 2013). Para desarrollar la ontología, en esta propuesta se tuvieron en cuenta las siguientes fases:

- Definir el alcance de la ontología.
- Evaluar la posibilidad de reutilización de otras ontologías y/o partes de ontología.
- Si existen ontologías que puedan ser reutilizadas habría que incluir el proceso para conseguir reutilizarlas, proceso que a su vez consta de diferentes fases y tareas a realizar.
- Enumerar los términos que aparecen en el dominio.
- Definir la taxonomía de conceptos. De arriba abajo, de abajo arriba o combinando las dos.
- Definir las propiedades.
- Definir las facetas.
- Definir las instancias.
- Comprobar las estructuras creadas.

Una primera evaluación de la propuesta es descrita en (Flores et al., 2016), en este documento se describe una segunda evaluación que fue realizada con el módulo de temperatura implementado por el Sistema Experto en el dominio de la biolixiviación. De este módulo se pretende representar todo el conocimiento relacionado con los factores

² <http://protege.stanford.edu/>

que pueden determinar la temperatura interna de una pila. Como restricción de la propuesta se debe partir de los conceptos presentes en el modelo de objeto implementado por el Sistema Experto.

En una búsqueda preliminar realizada no se identificaron ontologías desarrolladas en el dominio en cuestión, por lo que no se tuvo en cuenta la posibilidad de reutilización de ontologías existentes.

Se valoraron un total de 33 términos, de los cuales 26 fueron convertidos en clases y 7 en propiedades; la tabla 1 muestra algunos términos del dominio que fueron considerados para la ontología del dominio.

Estimación de la temperatura	Microorganismos	Tipo de Microorganismos
<i>Arquea</i>	Bacteria	tipo-bacteria-1
<i>Especie</i>	Especie-1	microorg-especie-1
<i>Género</i>	Genero-1	microorg-genero-1
<i>Muestra</i>	Tipo de Muestra	Dominio
<i>Mesófilos</i>	Termófilos	microorg-especie-1
<i>Termófilo</i>	Termotolerante	microorg-especie-1
<i>PLS</i>	PLS Común	Refino
<i>Rango de temperatura</i>	Temperatura	Tolerancia

Tabla 1 – Términos extraídos del dominio a representar

Se utilizó el Protègè como herramienta para el diseño de la ontología. Al representar el conocimiento experto en una taxonomía de conceptos se obtuvo un total de 147 axiomas (teoremas que se declaran sobre relaciones que deben cumplir los elementos de la ontología) [3], los cuales permitirán en futuras versiones inferir conocimiento. Fueron identificadas 26 clases, 5 de ellas disyuntas y 2 equivalencias. Fueron declarados 58 axiomas relacionados con las propiedades de los datos.

La Figura 3 muestra en el ámbito de la herramienta Protègè. Existe una relación directa entre los conceptos de la jerarquía e clases con las clases identificadas del dominio. En la Figura 4 se muestran las propiedades de los objetos, para este caso sólo fueron identificadas dos relaciones binarias. Por último la Figura 5 presenta algunas propiedades de datos identificadas en la ontología. Para el caso de estudio, todas las propiedades identificadas están al mismo nivel (no se presentan jerarquías entre ellas).

5. Validación del Modelo

Para evaluar la operación correcta de la propuesta, el método utilizado fue estudio de caso. A pesar de que el estudio de caso no da lugar a relaciones causales como ocurre con los experimentos, éste permite comprender más en profundidad fenómenos en un contexto real. Este método tiene la capacidad de proporcionar resultados de investigación a partir de proyectos del mundo real como es el caso de la biolixiviación de cobre en una pila.

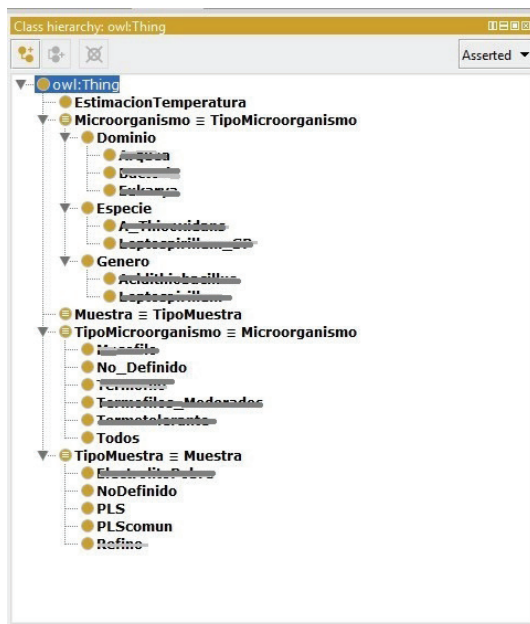


Figura 3 – Jerarquia de Clases

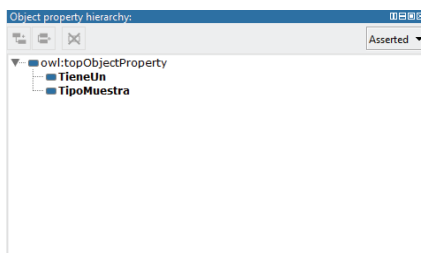


Figura 4 –. Propiedades de Objetos



Figura 5 – Propiedades de Datos

Las frases generadas (tabla 2) son ejemplos de las posibles frases que podrían ser combinadas con gráficos para mejorar la comprensión de los datos. Estas frases son consideradas como apropiadas (que contribuyen a la descripción de lo que pasa en el sistema), por el equipo de desarrollo del prototipo. El proceso de validación de este prototipo está desarrollándose y los resultados parciales son esperanzadores.

Otro caso de estudio es reportado en (Flores et al., 2016). En ese documento, el caso está centrado en otra parte del proceso: la expresión de los genes y microorganismos del sistema.

5. Conclusiones

En este documento se describe un método que representa un paso adelante en las herramientas inteligentes de generación de lenguaje natural en base a plantillas y la combinación de este texto con otras formas de presentación para formar presentaciones multimedia.

En la propuesta se ha usado una ontología del dominio y conocimiento específico para el proceso de biolixiviación para la obtención de cobre, actividad de gran interés para la economía de muchos países (Data, 2013) y particularmente para Chile. El trabajo presentado está dentro del dominio de técnicas de generación de explicaciones en lenguaje natural, pero a diferencia de muchos trabajos previos en este dominio, nuestra propuesta incorpora una representación ontológica que provee más riqueza a la conceptualización del conocimiento y aporta flexibilidad a dicha conceptualización.

También se puede destacar que con el uso de la representación ontológica se aportan elementos que permiten identificar qué comportamiento es más relevante en un instante dado y cuál es la mejor manera de describirlo, de forma que sea un aporte a los usuarios especializados en el dominio de trabajo. Esto resulta un potente atractivo para replicar esta forma de representación en otros dominios con complejidad similar al tratado en este trabajo.

El algoritmo ideado genera explicaciones a partir de abstracciones de los estados intermedios que se encuentran descritos en el archivo RDF/XML generado a su vez por la herramienta Drools. Esto representa una poderosa posibilidad para generar información complementaria a los resultados (salidas) de un Sistema Experto. Información que puede ayudar a comprender los resultados del Sistema Experto o que puede ser usada para otras tareas como auditoría del funcionamiento del sistema software.

Otro aporte importante de nuestro trabajo es que las descripciones son cercanas a lo que un humano expresaría acerca del estado del sistema dinámico, dado que las frases han sido construidas usando conocimiento del dominio y la flexibilidad-potencia de la representación ontológica; de esta forma, un usuario especializado puede comprender mejor (potencialmente) lo que el Sistema Experto en biolixiviación de cobre está presentando.

Como línea futura de trabajo, el modelo debe ser probado en algún otro sistema dinámico complejo con las características necesarias para generar descripciones de comportamiento de la misma forma como se ha hecho en el dominio de la biolixiviación

de cobre, y también se debe aplicar los casos de prueba (la etapa de validación de la metodología propuesta), a fin de valorar la pertinencia de las explicaciones que se generen de forma automática.

Agradecimientos

Este trabajo se llevó a cabo gracias a la participación de los autores en un proyecto de investigación en el campo de la biolixiviación del cobre, código del proyecto: IT13I20042.

Referencias

- Abdel-Fattah T. M., Haggag S. M. S. & Mahmoud M. E. (2011). Heavy metal ions extraction from aqueous media using nonporous silica. *Chemical engineering journal*, 175, 117-123.
- Baker C.F. (2014). FrameNet: a knowledge base for natural language processing. *Proceedings of frame semantics in NLP: a workshop in honor of Chuck Fillmore*, 1-5.
- Bimba A. T., Idris N., Al-Hunaiyyan A., Mahmud R., Abdelaziz A., Khan S. & Chang V. (2016). Towards knowledge modeling and manipulation technologies: a survey. *On International Journal of Information Management*, 36(6), 857-871.
- Data P. (2013). ICSG PRESS RELEASE Date Issued: 20th December 2013 Copper: Preliminary Data for September 2013, 00(September 2013).
- Demergasso D. Galleguillos F., Soto P., Seron M. & Iturriaga V. (2010). Microbial succession during a heap bioleaching cycle of low grade copper sulfides: Does this knowledge mean a real input for industrial process design and control. *Hydrometallurgy*. 104(3), 382-390.
- Flores, V., Hadfeg, Y., Bekios, J., Quelopana, A., & Meneses, C. (2016, October). A method for automatic generation of explanations from a Rule-based Expert System and Ontology. In *International Conference on Software Process Improvement*, Springer International Publishing, 167-176.
- Flores V. (2010). Generación automática de resúmenes multimedia de comportamiento de sistemas dinámicos mediante modelos de conocimiento del dominio. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid (España).
- Green N., Carenini G., Kerpedjiev S., Mattis J., Moore J. & Roth S. (2004). AutoBrief: an Experimental System for the Automatic Generation of Briefings in Integrated Text and Information Graphics. *International Journal of Human-Computer Studies*, 61(1), 32-70.
- Gennari J., Musen M., Fergerson R., Grosso W., Crubezy M., Eriksson H., Noy N. & Tu S. (2003). The evolution of Protégé: an environment for knowledge-based systems development. *International Journal of Human Computer Studies*, 58(1), 89-123.

- Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge acquisition*, 5(2), 199-220.
- Kaibin F., Hai L., Deqiang L., Wufei J. & Ping Z. (2014). Comparision of bioleaching of copper sulphides by *Acidithiobacillus ferrooxidans*. *African J. Biotechnol.* 13(5), 664-672.
- Kerr-Wilson, J., & Pedrycz, W. (2016). Design of rule-based models through information granulation. *Expert Systems with Applications*, 46, 274-285.
- Kimble, C., de Vasconcelos, J. B., & Rocha, Á. (2016). Competence management in knowledge intensive organizations using consensual knowledge and ontologies. *Information Systems Frontiers*, 18(6), 1119-1130.
- Khaliq A., Rhamdhani M. A., Brooks G. & Masood S. (2014). Metal extraction processes for electronic waste and existing industrial routes: a review and Australian perspective. *Resources*, 3, 152-179.
- Shabankareh, M., & Hezarkhani, A. (2016). Copper potential mapping in Kerman copper bearing belt by using ANFIS method and the input evidential layer analysis. *Arabian Journal of Geosciences*, 9(5), 1-12.
- Soto P., Galleguillos P., Seron M., Zepeda V, Demergasso C. & Pinilla C. (2013). Parameters influencing the microbial oxidation activity in the industrial bioleaching heap at Escondida mine, Chile. *Hydrometallurgy*, 133, 51-57.
- Mejia J., Muñoz E. & Muñoz M. (2016). Reinforcing the applicability of multi-model environments for software process improvement using knowledge management. *Sci. Comput. Program*, 121, 3-15.
- Mizoguchi, R., Vanwelkenhuysen, J., & Ikeda, M. (1995). Task ontology for reuse of problem solving knowledge. *Towards Very Large Knowledge Bases: Knowledge Building & Knowledge Sharing*, 46- 57.
- Molina M. & Flores V. (2012). Generating multimedia presentations that summarize the behavior of dynamic systems using a model-based approach. *Expert Systems with Applications*. 39(3), 2759-2770.
- Ongenaes, F., Claeys, M., Dupont, T., Kerckhove, W., Verhoeve, P., Dhaene, T., & De Turck, F. (2013). A probabilistic ontology-based platform for self-learning context-aware healthcare applications. *Expert Systems with Applications*, 40(18), 7629-7646.
- Sánchez, D., & Moreno, A. (2008). Learning non-taxonomic relationships from web documents for domain ontology construction. *Data & Knowledge Engineering*, 64(3), 600-623.
- Sicilia, M. A. (Ed.). (2013). *Handbook of metadata, semantics and ontologies*. World Scientific.

- Neches, R., Fikes, R. E., Finin, T., Gruber, T., Patil, R., Senator, T., & Swartout, W. R. (1991). Enabling technology for knowledge sharing. *AI magazine*, 12(3), 16-36.
- Taye, M. M. (2010). Understanding semantic web and ontologies: Theory and applications. *arXiv preprint arXiv:1006.4567*.
- Yager, R. R., & Zadeh, L. A. (Eds.). (2012). An introduction to fuzzy logic applications in intelligent systems (165). Springer Science & Business Media.
- Yang, Y., Fu, C., Chen, Y. W., Xu, D. L., & Yang, S. L. (2016). A belief rule based expert system for predicting consumer preference in new product development. *Knowledge-Based Systems*, 94, 105-113.

Después de presionar el botón enviar, se pierde el control sobre la información personal y la privacidad: un caso de estudio en México

Francisco R. Cortes Martínez¹, Angel D. Herrera Candelaria¹, Manuel A. Ramírez Lozano², Alma R. Rodríguez Zúñiga^{2,4}, Rafael Martínez Peláez², Jorge R. Parra Michel³

al114359@alumnos.uacj.mx, al114847@alumnos.uacj.mx, mrl598021@udelasalle.mx, alma_rz@fisica.ugto.mx, rmartinezp@delasalle.edu.mx, jrparra@delasalle.edu.mx

¹ División Multidisciplinaria de Ciudad Universitaria, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, C. José de Jesús Macías Delgado, Ciudad Juárez, Chihuahua, México

² Facultad de Tecnologías de Información, Universidad de la Salle Bajío, Av. Universidad 602, 37150, León, Guanajuato, México.

³ Escuela de Ingenierías, Universidad de la Salle Bajío, Av. Universidad 602, 37150, León, Guanajuato, México.

⁴ División de Ciencias e Ingenierías, Universidad de Guanajuato, Lomas del Bosque 103, 37150, León, Guanajuato, México.

DOI: 10.17013/risti.21.115–128

Resumen: Desde el inicio de los servicios electrónicos, los usuarios de Internet han enviado su información personal y financiera a diferentes servidores web, perdiendo el control sobre su información. Años más tarde, con la popularización de los sitios de redes sociales, la información personal de los usuarios se encuentra disponible y fluye rápidamente entre miembros de la comunidad, exponiendo su privacidad. Por lo tanto, varios investigadores han estudiado la percepción de los usuarios acerca de la privacidad y seguridad en Internet, mundos virtuales y sitios de redes sociales desde. En este sentido, la primera contribución del presente trabajo es la exposición de problemas de privacidad y seguridad existentes en el proceso de registro. Además, se describen los problemas que pueden ocasionar la falta de seguridad y privacidad en sitios de redes sociales. Finalmente, se presentan los resultados de una encuesta sobre privacidad y seguridad de usuarios mexicanos, coincidiendo con trabajos previos.

Palabras-clave: autenticación; ciber-crimen; fraude; robo de identidad; privacidad

After click the submit button, control over personal information and privacy is lost: a case study in Mexico

Abstract: Since the beginning of electronic services, Internet users have disclosure their personal and financial information to different web servers, losing control over their information. Years later, with the popularization of social networking sites, users' personal information is available and flows quickly among community

members, exposing their privacy. Therefore, several researchers have studied the perception of users about privacy and security in the Internet, virtual worlds, and social networking sites since. In this sense, the first contribution of the present work is the exposition of problems of privacy and security existing in the process of registration. In addition, it describes the problems that can cause the lack of security and privacy on social networking sites. Finally, the results of a survey on privacy and security of Mexican users, coinciding with previous work, are presented.

Keywords: authentication; cyber-crime; fraud; identity theft; privacy

1. Introducción

Hoy en día, Internet es cada vez más importante en nuestra vida cotidiana. Esto significa que, necesitamos conexión a Internet para realizar muchas actividades, como comunicarnos con familiares y amigos, leer noticias, buscar información, comprar y más. Al mismo tiempo, desarrolladores, investigadores y estudiantes crean nuevas aplicaciones, servicios y soluciones donde el canal de comunicación es a través de Internet. Por ejemplo, los sitios de redes sociales, e-cloud e Internet de las cosas (IoT) representan la tendencia en la tecnología, que puede utilizarse en diferentes escenarios. Otro ejemplo de la relevancia de Internet es el concepto de Big Data donde se recoge y analiza el comportamiento de los usuarios de Internet para descubrir información. Como resultado, cada día aumenta el número de usuarios de Internet en todo el mundo, haciendo de Internet parte de nuestras vidas estemos de acuerdo o no.

En muchos de los servicios electrónicos y aplicaciones web, los usuarios de Internet necesitan llenar un formulario de registro web. Un formulario de registro web se utiliza para solicitar información personal, como dirección, edad, nombre, género, entre otros, a cada usuario de Internet (Schrammel, Köffel, & Tscheligi, 2009). La información se envía a través de la Internet desde la computadora del usuario al servidor. A continuación, la información personal se almacena en una base de datos y el sistema crea una nueva cuenta. Después de eso, cada usuario de Internet puede acceder al sistema usando su cuenta. Este proceso se ha utilizado desde el inicio de Internet. De acuerdo con Luke Wroblewski (Wroblewski, 2008) un formulario de registro web es:

“Registration forms are the gatekeepers to community membership”,

“Data input forms allow user to contribute or share information”, and

“Web forms are often the last and most important mile in a long journey.”

Esto significa que, los usuarios de Internet comparten información con n empresas cuando hacen clic en el botón enviar para crear una cuenta. El problema con el proceso es que, los usuarios de Internet revelan información bajo presión (Joinson, Buchanan, & Paine Schofield, 2010). Esta acción tiene repercusión en cuestiones de privacidad y seguridad porque la información personal es utilizada y recogida por terceros (Schrammel, Köffel, & Tscheligi, 2009).

Por otro lado, los jóvenes usuarios de Internet han integrado los sitios de redes sociales (SRS) en su vida cotidiana. Según (Boyd & Ellison, 2007) un sitio de red social es:

“a web-based service that allow individual to 1) construct a public or semi-public profile within a bounded system, 2) articulate a list of other users with whom they share a connection, and 3) view and traverse their list of connections and those made by others within the system.”

En este escenario, los usuarios de SRS comparten sus sentimientos, ubicación, opiniones, imágenes y momentos especiales con otros (Boyd & Ellison, 2007) y (Ellison, Steinfield, & Lampe, 2007). Por otra parte, el servicio web almacena hábitos y preferencias de cada usuario en una base de datos, durante cierto tiempo, para ofrecer servicios y promociones basadas en sus preferencias (Facebook, 11). Como resultado, podemos conocer mucha información acerca de una persona sin reunirse en el mundo real.

Como consecuencia del uso del formulario de registro web y de sitios de redes sociales, el crimen organizado y los delincuentes pueden obtener varia información sobre personas vulnerables o desprotegidas. Por ejemplo, cuando hacemos clic en el botón enviar, sin revisar el certificado digital o verificar la legitimidad del sitio web, nuestra información personal o financiera podría ser robada. Esta acción es posible porque muchas personas no conocen la relevancia de la seguridad, en concreto el certificado digital. Además, la gente comparte información a través de sitios de redes sociales, dejando por un lado su privacidad.

Específicamente, la contribución de este artículo es doble. En primer lugar, explicamos las cuestiones de seguridad del formulario de registro web, que se centra principalmente en sus vulnerabilidades y su repercusión en la vida real de los usuarios. En segundo lugar, recopilamos datos para permitir una investigación empírica sobre la delgada línea entre lo privado y público en los SRS y como cada día nos volvemos más vulnerables. Este artículo expone los inconvenientes de seguridad y privacidad del formulario de registro web y los problemas de seguridad y privacidad en los sitios de redes sociales con el fin de encontrar nuevos y más seguros mecanismos para prevenir o reducir los ataques.

La estructura del artículo es la siguiente. En la sección 2, se describe el proceso de registro utilizando un formulario web, se da una breve definición y descripción de los SRS, y se explican brevemente trabajos relacionados sobre el estudio de la privacidad y seguridad en Internet, mundo virtual y SRS. La metodología e hipótesis son descritas en la sección 3. Los resultados del estudio de privacidad y seguridad en el proceso de registro y en SRS son presentados en la sección 4. En la sección 5, se dan las conclusiones y trabajo futuro de la investigación.

2. Conceptos y Trabajos Relacionados

En esta sección, se presenta el contexto del estudio en el proceso de registro utilizando el formulario de registro web y en sitios de redes sociales para describir el planteamiento del problema que se encuentra en estudio. Además, se describen los aportes realizados por diferentes investigadores para comprender la percepción de los usuarios sobre la privacidad y seguridad en Internet, mundos virtuales y SRS.

2.1. Proceso de registro utilizando el formulario web

Inicialmente, se describe el proceso general para crear una cuenta basada en el uso del formulario de registro web. Cabe mencionar que, el procedimiento es clave para el éxito de cualquier sitio web. La Figura 1 muestra el proceso entre el usuario de Internet y los servidores web para crear una cuenta.

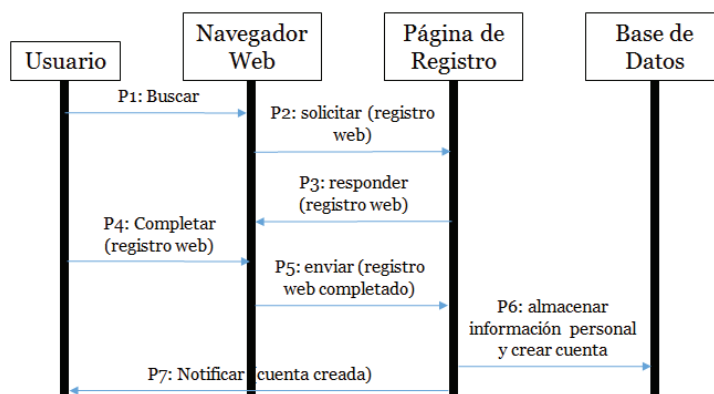


Figura 1 – Creando una cuenta de usuario utilizando el formulario de registro web

A partir de la Figura 1, se pueden explicar los siguientes pasos:

Paso 1: Los usuarios de Internet que desean ser miembros de una comunidad o utilizar un servicio electrónico deben crear una cuenta, en la mayoría de los casos de manera obligatoria. Por lo tanto, los usuarios acceden al sitio web donde se desean registrar a través de su navegador web.

Paso 2: Los usuarios de Internet deben solicitar el formulario de registro web para completar los datos personales solicitados.

Paso 3: El formulario de registro web, en la mayoría de los casos, solicita al usuario: nombre, edad, género, correo electrónico, y contraseña. Sin embargo, en sitios de comercio electrónico y sitios de redes sociales, se solicita: dirección, código postal, ciudad actual, escolaridad, entre otra información.

Paso 4: El usuario de Internet debe completar el formulario de registro web con la información solicitada.

Paso 5: El formulario de registro web es enviado al servidor web. Para permitir enviar el formulario web, se debe haber completado correctamente cada campo obligatorio.

Paso 6: La información recibida es almacenada en una base de datos y se crea la cuenta de usuario.

Paso 7: Se notifica al usuario sobre la creación de la cuenta.

2.2. Sitios de redes sociales

En la actualidad, los sitios de redes sociales (SRS) permiten mantener contacto con familiares y amigos; así como, compartir ideas, expresar opiniones y difundir fotos entre los miembros de la comunidad (Boyd & Ellison, 2007). En consecuencia, los SRS se han convertido, en poco tiempo, en un medio de difusión tan importante que (Ellison, Steinfield, & Lampe, 2007), 1) se utilizan para movilizar a grupos de personas en pro de

una causa común, 2) se emplean como parte del arsenal político en campañas electorales, y 3) se emplean como medio de diversión.

Lo anterior es posible gracias a las siguientes dos características (Tong & Der, 2008): rápida difusión y el comentario mantiene interés en el tiempo. Por lo tanto, un comentario, idea, opinión, o foto puede compartirse y llegar a ser visto por miles de usuarios en poco tiempo, convirtiéndose en *trending topic*. En cuanto a mantener el interés en el tiempo, la noticia puede mantener su popularidad entre diferente grupo de usuarios y retomar su interés cuando sea necesario debido a que no desaparece o no se borra por completo.

A pesar que, los SRS ofrecen una manera entretenida de comunicación entre diferentes usuarios, nada es perfecto. Existe el lado oscuro de los SRS que tiene que ver con la información proporcionada por cada usuario durante el proceso de creación de su perfil y durante su uso diario. Sin darse cuenta, cada usuario de los SRS comparte información personal que incluye desde su nombre, edad, lugar de nacimiento hasta su lugar favorito para cenar o su nivel socio-económico que puede ocasionar serios problemas al usuario.

Debido a la naturaleza de los SRS, los usuarios comparten, de manera consciente o inconsciente, información personal y privada en un medio de difusión masivo. Por ejemplo, varios usuarios comparten su estado de ánimo permitiendo que otros usuarios lo conozcan o se suele compartir la foto de la fiesta del viernes, invadiendo indirectamente la privacidad de un tercero.

Es a partir de esa situación que se han realizado diferentes estudios sobre la privacidad en sitios de redes sociales (Ellison, Steinfield, & Lampe, 2007), (Leitch & Warren, 2009), (Gross, 2005), (Schrammel, Köffel, & Tscheligi, 2009), (Li, Zhang, & Lu, 2016). Cabe mencionar que, la privacidad es uno de los temas que más ha preocupado a los usuarios de Internet desde sus inicios (Kermek & Bubas, 2000).

2.3. Estudios sobre la privacidad y seguridad en Internet, mundos virtuales y SRS

Al principio, los usuarios de Internet encontraron desventajas en Internet basado en los riesgos de seguridad y privacidad en línea (Kermek & Bubas, 2000). Esta percepción se fundó en los ataques cibernéticos a empresas, daños causados por virus, y ausencia de ley (Kermek & Bubas, 2000). Desde entonces, varios investigadores han estudiado la percepción que tienen los usuarios de Internet de la privacidad y la seguridad en tres escenarios: comercio electrónico, mundos virtuales, y sitios de redes sociales (Kermek & Bubas, 2000), (Stockton & Cunningham, 2014) y (Liebermann & Stashevsky, 2002).

El primer estudio sobre la percepción de los usuarios acerca de la privacidad y seguridad fue elaborado por Kermek y Bubas (2000). Ellos investigaron el efecto de la privacidad y seguridad al comparar Internet con los medios de comunicación tradicionales, encontrando que Internet se consideraba más inseguro en comparación con la televisión y prensa.

Dos años más tarde, Liebermann y Stashevsky (2002) investigaron las barreras para adoptar el comercio electrónico, encontrando que utilizar tarjetas de crédito y compartir información personal eran percibidos como riesgoso. En este sentido, (Belanger, J.S.,

& Smith, 2002) identificaron que la privacidad y la seguridad son dos preocupaciones claves para los usuarios cuando quieren comprar algo en Internet.

Un año más tarde, (Wang, Wang, Lin, & Tang, 2003) explicaron la relación entre privacidad y seguridad como un efecto positivo en los usuarios de la banca electrónica. Más tarde, (Scott, 2004) estudió la percepción del riesgo de comercio electrónico demostrando que la privacidad y la seguridad todavía se perciben como un riesgo. Más recientemente, (Mekovec & Hutinski, 2012) llevaron a cabo una investigación sobre la percepción de usuarios de Internet acerca de la privacidad y la seguridad durante sus actividades en línea, concluyendo que son relevantes para la expansión del comercio electrónico. Recientemente, (Qi, Hao, & Xing, 2016) evaluaron la seguridad del comercio electrónico basado en el entorno de cómputo en la nube, corroborando que para el usuario el riesgo de mantener su privacidad es alto.

Con la aparición de los mundos virtuales, surgieron nuevos paradigmas en los campos de la psicología, antropología y ciencias de la computación. En este nuevo escenario, donde los usuarios de Internet tienen la opción de crear una segunda vida (Mennecke, y otros, 2008; Kimble et al., 2016), la privacidad y seguridad se perciben como alarmantes (Leitch & Warren, 2009). Además, los usuarios identificaron los siguientes riesgos: robo de identidad, fraudes y delitos virtuales (Schrammel, Köffel, & Tscheligi, 2009).

De esta manera, los sitios de redes sociales han abierto una nueva puerta para que investigadores puedan estudiar la relación entre las personas (Ellison, Steinfield, & Lampe, 2007) y su impacto en diferentes temas, tales como: amistad, privacidad, seguridad, y popularidad. En términos de privacidad, los estudios (Leitch & Warren, 2009) y (Gross, 2005) han evaluado la información revelada en sitios de redes sociales y problemas de seguridad. En (Gross, 2005), los autores demostraron que los usuarios comparten sus datos personales y no cambiaron las preferencias de privacidad por defecto.

Con el fin de identificar la información revelada por los usuarios en diferentes sitios de redes sociales, en (Schrammel, Köffel, & Tscheligi, 2009) se realizó un estudio sobre las variables demográficas y los contextos de uso y patrones, encontrando que los usuarios revelan su nombre real, fotografía, fecha de nacimiento y red de amigos a desconocidos; mientras que, su número de teléfono, dirección física, mensajería instantánea, y sitio web se divulga entre amigos.

En (Dwyer, Hiltz, & Passerini, 2007), los autores encontraron una correlación entre la percepción de los usuarios sobre la confianza en el SRS y la información revelada, obteniendo resultados similares que (Schrammel, Köffel, & Tscheligi, 2009). Más tarde, en (Sahinaslan & Kantürk, 2009), los autores encontraron que compartir información de contacto es más personal que compartir información personal. Más recientemente, en (Ögütcü, Testik, & Chouseinoglou, 2015), los autores encontraron que el comportamiento y hábitos de los usuarios deben ser protegidos, al igual que la información de contacto y personal.

3. Metodología

Es esta sección, se postulan las hipótesis de investigación. Además, se procede a explicar la metodología empleada para estudiar la seguridad y privacidad en: 1) proceso de registro utilizando el formulario web en diferentes sitios web en México y 2) sitios de redes sociales.

3.1. Planteamiento de hipótesis

En base al crecimiento de usuarios de Internet y al crecimiento de transacciones de comercio electrónico (AMIPCI, 2016) en México, se han planteado las siguientes hipótesis:

- H1: El 100% de los sitios web que almacenan algún dato personal tienen implementado un certificado digital en la página del formulario de registro web.
- H2: El 100% de los sitios web que almacenan algún dato personal tienen política de privacidad.
- H3: Ningún sitio web cuenta con una herramienta, técnica o procedimiento para verificar la identidad del usuario.

En base a la popularidad del SRS Facebook en México, se centró el estudio de seguridad y privacidad inicialmente en ese SRS (AMIPCI, 2012). Sin embargo, se tuvo que incluir otros SRS debido a su gran uso entre la población mexicana. Las hipótesis definidas son:

- H4: Los usuarios de SRS aceptan invitaciones de otros usuarios que no conocen en el mundo real.
- H5: Los usuarios de SRS publican información personal e información de contacto.
- H6: Los SRS no verifican la información personal utilizada para crear la cuenta.

3.2. Proceso de registro utilizando el formulario web: metodología

En la fase 1, se creó una lista que incluyen sitios web de varios sectores de la economía en México, que incluyen: fabricantes, sector público, servicios inmobiliarios, servicio de negocios, transporte, y turismo. En la creación de la lista no se considera el número de empleados, ingresos o tiempo de creación del sitio web. El número total de la lista es de 46 sitios web.

En la fase 2, se procedió a realizar la creación de una cuenta en cada uno de los sitios web con la intención de identificar:

- Uso de certificados digitales para autenticar al sitio y asegurar la comunicación de los datos a través de los protocolos SSL o TLS. Para corroborar la seguridad en la comunicación, se utilizó el analizador de protocolos de red “WireShark”.
- Publicación de la política de privacidad.
- Técnicas, herramientas o procedimientos para detectar información falsa.

En la fase 3, se consolidaron los datos obtenidos para su posterior análisis y definición de riesgos de privacidad y seguridad.

3.3. Sitios de redes sociales: metodología

En la fase 1, se diseñó una encuesta en línea (goo.gl/e3mD8P) para investigar el nivel de privacidad de cada persona en sus cuentas de SRS. La encuesta fue publicada en el muro de Facebook de cada uno de los miembros del proyecto y se difundió a través de correo electrónico. Se recibieron un total de 69 respuestas. En esta parte de la investigación, se buscó conocer la percepción de los usuarios acerca de la privacidad en sus cuentas, considerando si los usuarios aceptan como amigos a usuarios desconocidos y si los usuarios comparten fotos con familiares y amigos. En este sentido, se pregunta si su información es pública o privada.

La encuesta en línea consiste en 19 preguntas de opción múltiple. Los encuestados contestaron preguntas orientadas a conocer información relacionada con su cuenta de Facebook, que incluye: cantidad de tiempo con una cuenta (1 año, 2-4 años, más de 4 años), conocimiento sobre la política de datos personales, y edad. También se solicitó a los encuestados contestar preguntas orientadas hacia la privacidad de las cuentas, que incluye: cuenta es pública (sí, no, no sé), publicación de fotos con familiares y amigos (yo, con familiares, otro), si tienen entre la lista de amigos a personas desconocidas en el mundo real, y si el nombre utilizado en la cuenta es real o no.

En la fase 2, se creó una cuenta utilizando información falsa. La creación de la cuenta fue de manera manual para evitar el uso de bots.

En la fase 3, se procedió a llevar a cabo un ataque entre la comunidad de estudiantes de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. El procedimiento fue de manera manual, que incluyó: crear un perfil, realizar publicaciones periódicas, ingresar a grupos, e invitar a amigos para crear la red social.

En la fase 4, se consolidaron los datos obtenidos para su posterior análisis y definición de riesgos de privacidad y seguridad.

4. Resultados

A partir de las hipótesis definidas y la metodología empleada, se presentan los datos obtenidos y se procede a realizar el análisis. Es importante mencionar que, la encuesta se aplicó entre el mes de diciembre 2015 y el mes de enero 2016, y los datos recopilados no contienen información personal de ninguna persona encuestada.

También se desea expresar que durante el ataque al SRS no se hizo mal uso de la información recopilada y que en ningún momento se buscó afectar la integridad, privacidad o seguridad de ninguna persona.

4.1. Proceso de registro utilizando el formulario web: resultados

La Tabla 1 resume los datos encontrados en nuestro estudio.

Clasificación	Certificados digitales		Detección de Información falsa		Aviso de privacidad		Total de sitios web
	Yes	No	Yes	No	Yes	No	
Fabricantes	2	-	-	2	2	-	2
Sector público	2	4	1	5	6	-	6
Servicios inmobiliarios	0	5	-	5	5	-	5
Negocios	14	6	-	20	20	-	20
Transporte	2	2	-	4	4	-	4
Turismo	9	-	-	9	9	-	9
	29	17	1	45	46	-	46

Tabla 1 – Estudio de seguridad y privacidad en el proceso de creación de una cuenta

A partir del estudio de seguridad, se identifica claramente que el uso de certificados digitales es implementado en un 63% de los sitios web. En estos casos, el certificado digital ofrece certeza al usuario sobre la legitimidad del sitio web y protege el canal de comunicación para transmitir la información personal. El otro 37% de los sitios web que no implementan un certificado digital pueden ser víctimas de *phishing* y no protegen la información transmitida de los usuarios.

La detección de información falsa es una necesidad cada vez más urgente para brindar mayor certeza sobre la información utilizada debido a que dicha información es utilizada para tomar decisiones. En este sentido, se encontró que solo un sitio web, del sector público, tiene implementado un procedimiento para verificar la información personal a través del uso de la tarjeta para votar expedida por el Instituto Nacional Electoral (INE).

Se ha encontrado que el aviso de privacidad se encuentra disponible en el 100% de los sitios web. La ley de privacidad de datos que está vigente en México se puede consultar en <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPDPPSO.pdf>, y busca promover, fomentar y difundir una cultura de protección de datos personales entre dependencias gubernamentales, empresas privadas y sociedad en general.

Con esta información, se procede a responder las tres hipótesis definidas en el apartado 3.1.

En cuanto a la hipótesis 1, se ha encontrado que el 63% de la muestra utilizada tiene implementado un certificado digital y por lo tanto no se alcanza el 100%. El resultado es congruente con el estudio realizado por la Asociación Mexicana de Internet sobre protección de datos personales (AMIPCI, 2012), en dos aspectos: 1) se informa que el 32% de las empresas que almacenan algún dato personal desconocen las acciones a realizar y) se informa que el 53% de las empresas consideran que la protección de los datos representa gastos adicional.

En cuanto a la hipótesis 2, se ha encontrado que el 100% de los sitios web evaluados cuentan con una política de privacidad y está disponible para su consulta.

En cuanto a la hipótesis 3, se ha encontrado que el 2% de la muestra utilizada tiene implementado una técnica, herramienta o procedimiento para verificar la identidad del usuario y por lo tanto no se cumple el 100% de ausencia inicial. El sitio web de la ciudad de México (<https://www.plataforma.cdmx.gob.mx/>) solicita el número identificador OCR de la tarjeta para votar del INE, así como, la clave única de registro de población (CURP) que es expedida por el registro nacional de población e identificación personal (RENAPO) para crear una cuenta.

4.2. Proceso de registro utilizando el formulario web: problemas identificados

Como resultado de nuestro trabajo, encontramos los siguientes problemas:

Problema 1: durante el paso 3, muchos servidores web no utilizan protocolos de seguridad y certificados digitales para proteger la información de los usuarios. Esta acción representa un riesgo para la seguridad porque los intrusos pueden obtener dicha información.

Problema 2: durante el paso 4, el servidor web lleva a cabo la verificación en línea del formulario de registro web para asegurar que cada cuadro de texto esté completo. Sin embargo, el servidor web no verifica la legitimidad de la información del usuario.

Problema 3: cada nueva cuenta o nueva compra en línea representa que, los usuarios de Internet compartan su información personal y/o financiera con diferentes servidores web a través de Internet. Después de eso, los usuarios pierden el control sobre dicha información porque no gestionan el servidor web o la base de datos. Aunque, algunos países tienen leyes de privacidad muchos otros no.

Problema 4: en el caso de los sitios de redes sociales, los administradores del sistema no tienen información sobre los antecedentes criminales. Como resultado, los delincuentes pueden tener acceso a la información personal de muchos usuarios.

Problema 5: la información personal y financiera almacenada en una base de datos debe estar protegida por el proveedor del sistema. Sin embargo, ¿cómo podemos estar seguros de eso?.

Problema 6: el robo de identidad es un gran problema para los usuarios de Internet debido a las siguientes razones: dificultad para encontrar un perfil falso y el perfil falso puede afectar la reputación de la víctima.

Problema 7: cuando ocurre un crimen en Internet, la policía tiene problemas para rastrear la identidad real del criminal desde el perfil virtual usado para cometer el ataque.

Problema 8: en algunos casos, niños o jóvenes pueden tener acceso a material para adulto porque el sistema no puede verificar la edad real del usuario.

Como notas finales: 1) el formulario de registro web sigue siendo el mismo cuando otras aplicaciones han cambiado en los últimos años y 2) todos los días, muchos usuarios de Internet necesitan llenar un formulario de registro web para crear una nueva cuenta o para finalizar una compra en línea. Esta acción representa, para los usuarios de Internet, una tarea tediosa, que puede dar como resultado que los usuarios decidieran abandonar la acción.

4.3. Sitio de red social Facebook: resultados

Los participantes de la encuesta fueron $n=69$, encontrando que el 85.52% de los encuestados usaron su nombre real, y el 81.16% de los encuestados utilizaron su imagen en el perfil de Facebook. De esta manera, el 75.36% de los participantes comparten su ciudad natal, información de trabajo y pasatiempo. En este punto, nuestros resultados corroboran estudios previos y caracterizan el perfil del usuario mexicano.

Como nuevo resultado, se encontró que el 23.29% de los encuestados tienen como amigo a personas desconocidas en el mundo real. Además, el 88.41% de los encuestados desconocen si su cuenta es pública o no.

En cuanto a los resultados de la fase 2 y fase 3, se muestra en la Figura 2 que el ataque fue exitoso. En la Figura 2-a se observa el nombre, correo electrónico, fecha de nacimiento, y género utilizado para crear la cuenta, sin contratiempo. Como se ha demostrado en la Tabla 1, la mayoría de los SRS no tienen implementado una técnica, herramienta o procedimiento para verificar los datos utilizados en la creación de la cuenta.

La Figura 2-b muestra el resultado del perfil creado en el SRS. La información proporcionada tuvo como base la experiencia de los estudiantes que participaron en el proyecto con la intención de establecer credibilidad. Se buscó publicar mensajes diariamente por un periodo de un mes.

La Figura 2-c presenta el resultado de cierto número de solicitudes de amistad aceptadas. Las solicitudes fueron dirigidas a estudiantes de la universidad pero no se advirtió o solicito a conocidos su apoyo. En este sentido, se consiguió la aceptación de amistad en dos grupos.

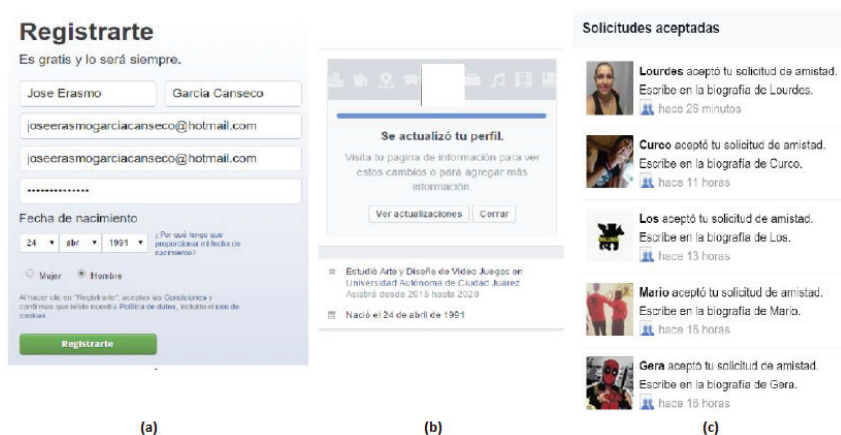


Figura 2 – Ataque en el sitio de red social Facebook

Con esta información, se procede a responder las tres hipótesis definidas en el apartado 3.1. En cuanto a la hipótesis 4, se corrobora la hipótesis con un porcentaje del 23.29% de encuestados que confirmaron haber aceptado la invitación de amistad de al menos una persona. La información coincide con estudios de popularidad que indican sobre la importancia del número de amigos en los SRS. En cuanto a la hipótesis 5, se obtienen resultados similares a trabajos previos debido a que 75.36% de los encuestados afirmaron haber publicado información personal y de contacto. En cuanto a la hipótesis 6, se corrobora la hipótesis debido a que ningún SRS verifica la información personal utilizada para completar un perfil.

4.4. Sitio de red social Facebook: problemas identificados

Como resultado de nuestro trabajo, encontramos los siguientes problemas.

Problema 1: los sitios de redes sociales no tienen mecanismos de seguridad para verificar la información personal enviada por los usuarios. En consecuencia, el crimen organizado, criminales y usuarios malintencionados pueden crear cuentas falsas.

Problema 2: los usuarios no tienen una buena educación en términos de privacidad debido a que comparten mucha información personal en su muro, tales como: sentimientos, comentarios, chismes, fotografías, y más, sin preocuparse de quién o quiénes pueden verlo.

Problema 3: los usuarios no respetan la privacidad de los amigos cuando publican una fotografía. Esta acción afecta directamente a la privacidad de cada persona que aparece en la imagen.

Problema 4: la policía no puede rastrear fácilmente y rápidamente la información personal del atacante cuando aparece un problema de seguridad. Por ejemplo, en una investigación de *grooming*.

Problema 5: muchas cuentas se pueden crear usando la información personal de otra persona. El robo de identidad es un gran problema de seguridad en los sitios de redes sociales.

5. Conclusiones y Trabajo Futuro

En este trabajo, se ha evaluado las implicaciones de seguridad y privacidad en el uso de sitios de redes sociales, corroborando los resultados anteriores. Se ha demostrado que, los usuarios publican y comparten más información que en cualquier otro momento de la historia de la humanidad; sin considerar las consecuencias a su privacidad y seguridad. Es alarmante la cantidad de información que se puede obtener de una persona a través de su perfil de usuario y lo fácil que es tener acercamiento con la persona deseada (víctima).

Por otra parte, se ha demostrado que el formulario de registro web es el eslabón más débil en la cadena de seguridad porque la información no es verificada por ningún mecanismo. Debido a que día a día, los usuarios de Internet se ven forzados a compartir su información, se pierde el control de dicha información debido a que se delega o se comparte su administración con una empresa. El formulario de registro web es utilizado en el proceso de registro por todos los servicios web, lo que significa que el crimen organizado, usuarios criminales y malintencionados pueden crear cuentas falsas y realizar acciones delictivas, dificultando su conexión. Como resultado, el robo y suplantación de identidad son un gran problema para los usuarios de Internet y la policía.

En consecuencia al presente estudio, se encuentra en evaluación un procedimiento para medir el nivel de privacidad que tiene una persona en su cuenta de red social. La intención del procedimiento es indicar al usuario cuáles son los errores que se encuentra cometiendo que afectan su privacidad y seguridad.

Referencias

- AMIPCI. (2012). Estudio de protección de datos personales entre usuarios y empresas. Ciudad de México: Asociación Mexicana de Internet.
- AMIPCI. (2016). Estudio comercio electrónico en México 2016. Ciudad de México: Asociación Mexicana de Internet.
- Belanger, F., J.S., M., & Smith, W. (2002). Trustworthiness in electronic commerce: the role of privacy, security and site attributes. *The Journal of Strategic Information Systems*, 245–270.
- Boyd, D., & Ellison, N. (2007). Social Network Sites: Definition, History, and Scholarship. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 210–230.

- Dwyer, C., Hiltz, S., & Passerini, K. (2007). Trust and Privacy Concern with Social Networking Sites: A Comparison of Facebook and MySpace. *Proceedings of 13th Americas Conferences on Information Systems*.
- Ellison, N., Steinfield, C., & Lampe, C. (2007). The Benefits of Facebook “Friends: ‘Social Capital and College Students’ Use of Online Social Network Sites. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 1143–1168.
- Facebook. (2015 de 12 de 11). Policy. Obtenido de <https://www.facebook.com/policy.php>
- Gross, R. A. (2005). Information Revelation and Privacy in Online Social Networks. *Proceedings of the Workshop on Privacy in the Electronic Society (71-80)*. New York: ACM.
- Joinson, A. R.-d., Buchanan, T., & Paine Schofield, C. (2010). Privacy, Trust, and Self-Disclosure Online. *Human-Computer Interaction*, 1–24.
- Kermek, D., & Bubas, G. (2000). Being connected to the Internet: Issues of privacy and security. *Journal of Information and Organizational Sciences*, 55–67.
- Kimble, C., de Vasconcelos, J. B., & Rocha, Á. (2016). Competence management in knowledge intensive organizations using consensual knowledge and ontologies. *Information Systems Frontiers*, 18(6), 1119–1130.
- Leitch, S., & Warren, M. (2009). Security Issues Challenging Facebook. *Proceedings of the 7th Australian Information Security Management Conference*, (137–142).
- Li, J., Zhang, H., & Lu, X. (2016). Research on Acceptance Effect of Ideological and Political Education among College Students Based on Network Media. *Iberian Journal of Information Systems and Technologies*, 111–120.
- Liebermann, Y., & Stashevsky, S. (2002). Perceived risks as barriers to Internet and e-commerce usage. *Qualitative Market Research: An International Journal*, 291–300.
- Mekovec, R., & Hutinski, Z. (2012). The role of perceived privacy and perceived security in online market. *Proceedings of the 35th International Convention of Information Communication Technology, Electronics and Microelectronics (1549–1554)*. Opatija: IEEE.
- Mennecke, B., McNeill, D., Ganis, M., Roche, E., Bray, D., Konsynski, B., Lester, J. (2008). Second Life and Other Virtual Worlds: A Roadmap for Research. *Communications of the Association for Information Systems*, 371–388.
- Ögütcü, G., Testik, Ö. & Chouseinoglou, O. (2015). Analysis of personal information security behavior and awareness. *Computers & Security*, 83–93.
- Qi, J., Hao, L., & Xing, J. (2016). The research on the security Evaluation of the Electronic Commerce based on the cloud computing environment. *Iberian Journal of Information Systems and Technologies*, 131–139.
- Sahinaslan, E., & Kantürk, A. (2009). Information security awareness and awareness creation methods in organizations. *Proceedings of the 11th Acaemic Information Conference*, (597–602). Sanliurfa.

- Schrammel, J., Köffel, C., & Tscheligi, M. (2009). How Much do You Tell? Information Disclosure Behaviour in Different Types of Online Communities. *Proceedings of the fourth international conference on Communities and technologies* (275–284). New York: ACM.
- Scott, J. (2004). Measuring dimensions of perceived e-business risks. *Information Systems and e-Business Management*, 31–55.
- Stockton, R., & Cunningham, S. (2014). An Investigation into User Perceptions of Privacy and Trust and their Real-World Practices. *Proceedings of the Tenth International Network Conference* (139–149). United Kingdom: Plymouth University.
- Tong, S. T., & Der, B. V. (2008). Too Much of a Good Thing? The Relationship Between Number of Friends and Interpersonal Impressions on Facebook. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 531–549.
- Wang, Y., Wang, Y., Lin, H., & Tang, T. (2003). Determinants of user acceptance of Internet banking: an empirical study. *International Journal of Service Industry Management*, 501–519.
- Wroblewski, L. (2008). *Web Form Design: Filling in the Blanks*. Rosenfeld Media.

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.risti.xyz/>).

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.

El 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.risti.xyz/>).

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 correo 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 2017 <http://www.aisti.eu>

